3/18

Principes van energieregeling en -bezuiniging

Inhoud

3/18.1

Principes van energieregeling

Inleiding

Thyristoren en triac's zijn de basis

Bij energieregeling denkt iedere moderne elektronicus onmiddellijk aan thyristor- of triacbestuurde belastingen. Terecht, want met dergelijke onderdelen is het immers mogelijk vrijwel zonder verlies het vermogen te regelen dat aan een wisselstroombelasting wordt aangeboden. Met "verlies" wordt hierbij bedoeld het vermogen of de energie die in de regelschakeling zélf verloren gaat.
Het heeft geen zin een schakeling te ontwerpen om een lamp energiezuinig te laten branden als deze schakeling zélf veel vermogen zou gebruiken! Met de in dit hoofdstuk beschreven principes gebeurt dit niet zodat terecht de kreet "zonder verlies" of "verliesvrij" gebezigd mag worden.
Op deze manier kan men het vermogen instellen dat aan motoren, verwarmingselementen en gloeilampen wordt aangeboden. In vele gevallen kan dat een aanzienlijke energiebesparing opleveren zonder dat concessies worden gedaan aan comfort, gebruikersvriendelijkheid of bruikbaarheid.

Verschillende principes

Er bestaan drie verschillende principes om via een thyristor of triac het vermogen dat door een belasting verbruikt wordt te regelen:
- fase-aansnij besturing met RC-netwerken;
- fase-aansnij besturing met zaagtand vergelijking;
- pakketbesturing.

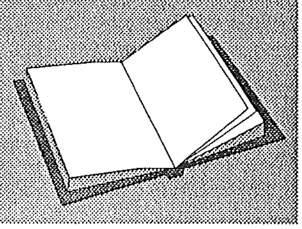
Deze drie principes zullen in de volgende subhoofdstukken besproken worden.

Thyristor en triac

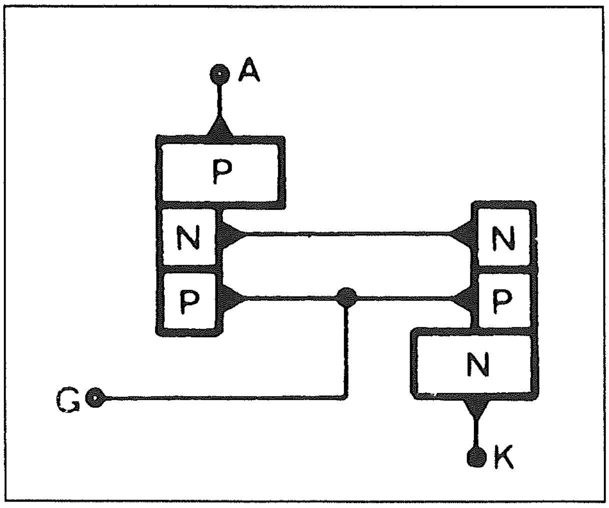
Thyristor

De thyristor kent een tweetal veel gebruikte synoniemen, "SCR" (Silicon Controlled Rectifier) en "bestuurbare silicium gelijkrichter". Deze laatste Nederlandstalige benaming is een directe vertaling van "SCR". De benaming zegt bovendien al iets over de werking. Het woord thyristor is een samentrekking van de woorden "thyra-

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/3.14
Hoofdstuk 4/15.1
Hoofdstuk 4/15.8
Hoofdstuk 4/15.10



tron" en "transistor". Men wil ermee zeggen, dat het gedrag overeenkomst vertoont met dat van het aloude thyratron (een gasontladingsbuis), maar dat hij is opgebouwd uit een halfgeleiderstructuur. Een thyristor heeft, evenals een diode, een anode en een kathode. Het enige nieuwe en daarmee ook het wezenlijke verschil is de derde aansluiting, de gate, of in het Nederlands de poort. Deze gate maakt het mogelijk de thyristor te besturen. Met behulp van de gate kan de thyristor namelijk worden open gezet. Het onderdeel gaat dan stroom geleiden tussen de kathode en de anode en wel in richting van de symboolpijl. Eenmaal open gestuurd kan de halfgeleider via de gate niet meer dicht gestuurd (gesloten) worden. Dit sluiten kan, afhankelijk van de toepassing, op verschillende andere manieren gebeuren. De thyristor heeft een voor dit soort onderdelen karakteristieke vierlagenstructuur.



Figuur 3/18.1-1: De vierlagen structuur van een thyristor.

Omdat er tussen de vier lagen drie PN-overgangen bestaan, kan men zich de struktuur ook voorstellen als drie in serie geschakelde dioden. Voor de verklaring van de werking is figuur 3/18.1-1 van groot belang. De vierlagenstructuur in deze figuur in tweeën gesplitst door de beide middelste lagen vertikaal doormidden te delen en deze via "draden" met elkaar te verbinden.

Een nadere beschouwing van deze figuur leert echter, dat er nu een tweetal drielagen structuren zijn ontstaan en wel een PNP- en een NPN-structuur. De twee delen stellen niets anders voor dan twee transistoren, een PNP-transistor links en een NPN-transistor rechts. Bij de verklaring van de werking moet men altijd bedenken, dat een thyristor, net als een gewone diode, alleen stroom kan doorlaten in de richting van de anode naar de kathode. Stel dat de anode een spanning voert, die positief is ten opzichte van de kathode en dat de gate eenzelfde spanning voert als de kathode. In dat geval is de thyristor gesloten. Op een gegeven moment echter stijgt de ingangsspanning tot ongeveer 1 V. Door deze spanning kan de basis-emitter diode van NPN open gaan, waardoor een basisstroom in NPN kan gaan lopen. Maar deze halfgeleider is een transistor en bezit dus een bepaalde versterkingsfactor. Er zal een versterkte (grotere) stroom van de collector naar de emitter van NPN gaan lopen. Bovendien is de collector van NPN verbonden met de basis van PNP. Dit impliceert dat de collectorstroom van NPN door de basis van PNP moet worden geleverd. Als PNP een basisstroom ontvangt, dan zal deze stroom ook versterkt door de collector van PNP vloeien. Deze stroom kan alleen door de basis van NPN weg en levert dus ook een bijdrage aan de basisstroom van NPN. De twee stromen werken met elkaar mee en veroorzaken binnen de kortst mogelijke tijd (doorgaans een paar microseconde) een soort van lawine-effekt, waardoor zo-

wel PNP als NPN tot het uiterste worden open gestuurd. De totale weerstand tussen anode en kathode daalt tot een uiterst lage waarde (minder dan 1 Ω bij stromen boven 1 A) en de thyristorstroom wordt vrijwel uitsluitend begrensd door de weerstand R in de anodeleiding. Deze weerstand dient daarom zo te worden gekozen, dat de maximale thyristorstroom, zoals die door de fabrikant is opgegeven, niet kan worden overschreden.

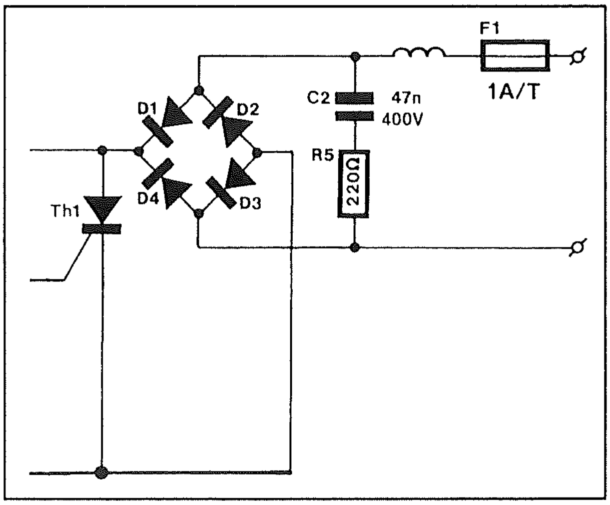
Nadat de thyristor door de impuls op de gate helemaal is open gestuurd, daalt de ingangsspanning weer tot 0 V. Men zou verwachten dat de thyristor dan weer dicht gaat, omdat NPN in dat geval afgeknepen zou worden. Op dit moment houdt de logica op, althans zo lijkt het, want de thyristor gaat absoluut niet dicht als men de gate op 0 V zou leggen. Desondanks is er voor dit verschijnsel een logische verklaring. De gate-aansluiting heeft namelijk een vrij hoge aansluitweerstand. Deze weerstand is zelfs zo hoog, dat de stroom door PNP niet in z'n geheel via deze weerstand kan afvloeien naar de 0 V aan de ingang. Een deel van deze stroom moet dus via de basis van NPN blijven lopen; zodoende wordt PNP in geleiding gehouden en de thyristor blijft helemaal open en wel totdat de stroom door R en de thyristor wordt onderbroken.

Besluit: een positieve spanning op de gate van een thyristor zorgt ervoor dat het onderdeel ontsteekt. Ook na het wegvallen van deze ontsteekspanning blijft de thyristor geleiden.

Zoals reeds geschreven is het bij de thyristor doorgaans niet mogelijk de stroom erdoor uit te schakelen via een signaal op de gate. Om dit resultaat desondanks te bereiken moet de stroom, die door de thyristor van anode naar kathode vloeit, teruggebracht worden tot beneden een bepaalde waarde. Deze waarde heet de ***houdstroom***. Een dalen van de anodestroom onder de houdstroom heeft het onmiddellijke doven van de thyristor tot gevolg.

De thyristor op wisselspanning

Uit de beschreven werking van een thyristor blijkt duidelijk dat de anode positief moet zijn ten opzichte van de kathode. Een thyristor kan dus niet zonder meer gebruikt worden in wisselspanningsinstallaties! Gelukkig kan men natuurlijk op een heel eenvoudige manier de wisselspanning omzetten in een pulserende gelijkspanning, zie figuur 3/18.1-2.



Figuur 3/18.1-2: Het aansluiten van een thyristor op wisselspanning.

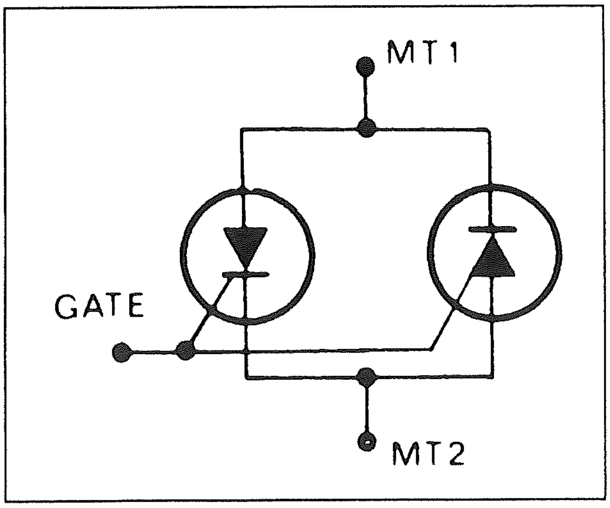
De vier dioden D1 tot en met D4 zorgen ervoor dat de anode van de thyristor steeds positief blijft ten opzichte van de kathode. Let op de uitgebreide ontstooren beveiligingsschakeling tussen het 230 V net en de bruggelijkrichter!

Triac

Een triac is een schakelelement, dat sterke overeenkomst vertoont met een thyristor.

18.1 Principes van energieregeling

Het verschil tussen beiden is gelegen in het feit, dat een triac in twee richtingen stroom kan doorlaten. Dit maakt een triac uitermate geschikt voor toepassing in wisselstroomschakelingen. Voor de belangstellende zij hier opgemerkt, dat een triac in principe bestaat uit de parallelschakeling van een gewone en een complementaire thyristor. Hoe dit er theoretisch uitziet, kan uit figuur 3/18.1-3 worden opgemaakt. Omdat een triac ongepoold is, kan men niet meer spreken van een anode en een kathode. Men noemt de aansluitingen daarom ook MT1 en MT2. De afkorting MT betekent "main terminal" of hoofdaansluiting. In Duitse literatuur wordt ook wel eens gebruik gemaakt van de benamingen A1 en A2.



Figuur 3/18.1-3: Een triac bestaat in wezen uit twee anti-parallel geschakelde thyristoren.

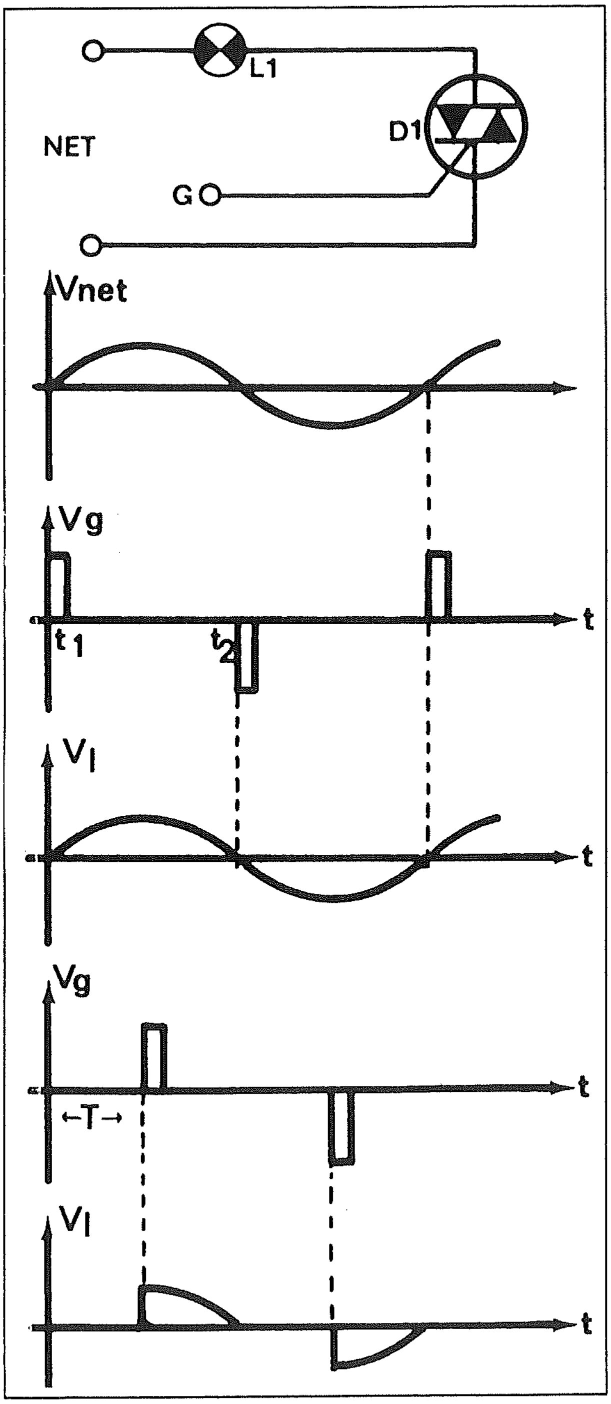
Omdat de triac qua opbouw zo'n sterke overeenkomst vertoont met de thyristor, is de werking ook analoog. Het fundamentele verschil is dat een triac bidirectioneel kan werken, het maakt dus niet uit of de anode positief of negatief is ten opzichte van de kathode.
In beide gevallen kan gestuurd worden met een positieve spanning op de gate.

Fase-aansnij besturing

Het principe

In figuur 3/18.1-4 is het principe van fase aansnij sturing aanschouwelijk grafisch voorgesteld. De lamp L1 is in serie met de triac D1 over de aders van het wisselspanningsnet geschakeld. In de bovenste grafiek is één periode van de 50 Hz wisselspanning getekend.
In de eerste V_g-grafiek wordt er, iedere keer dat de netspanning door de nul gaat, een smal spanningspulsje op de gate gezet. Het gevolg is dat de triac gaat geleiden bij de aanvang van iedere halve periode van het wisselspanningssignaal. De stroom door de triac is onmiddellijk groter dan de houdwaarde, met als gevolg dat de triac ook na het wegvallen van de gatepuls blijft geleiden. Bij de eerstvolgende nuldoorgang van de netspanning valt de stroom door de triac onder de houdwaarde. Er is op dat moment immers geen spanning aanwezig, die voor de stroom zou kunnen zorgen! De triac zou naar sper schakelen, was het niet dat op dit moment een tweede stuurpuls op de gate wordt aangeboden. Deze puls zorgt ervoor dat de triac blijft geleiden en nadien uiteraard gedurende de volle tweede halve periode in geleiding blijft. Men kan besluiten dat de triac blijft geleiden en dat de volledige netspanning over de lamp staat. Dit is in de eerste V_l-grafiek getekend. In de onderste V_g-grafiek worden de gate-pulsen aangeboden op het moment dat de netspanning maximaal positief of maximaal negatief is.

18.1 Principes van energieregeling



Figuur 3/18.1-4: Het principe van fase-aansnij besturing.

De triac gaat op dat moment geleiden en blijft in deze houding volharden totdat de netspanning door de nul gaat. Op dat moment valt de stroom door de schakeling weg, de triac schakelt naar sper en blijft in sper tot de volgende gate-puls verschijnt. De spanning over de lamp is in de onderste V_l-grafiek getekend. Nu wordt maar de helft van de beschikbare netspanning aan de lamp aangeboden. Het gevolg is dat de lamp op 1/4 van het maximale vermogen gloeit. Door de spanningsreductie ontstaat immers ook een stroomreductie en vermogen is gelijk aan spanning maal stroom!
Besluit: bij het principe van fase-aansnij sturing wordt niet de grootte van de spanning gereduceerd, maar de tijd dat de spanning aan de belasting wordt aangeboden. De spanning wordt maar gedurende een bepaalde fasehoek van de volle 360 graden waaruit één periode bestaat aan de lamp gelegd. Er bestaat een bepaald faseverschil tussen de nuldoorgang van de netspanning en het moment waarop een spanningspuls aan de gate van de triac wordt aangelegd.

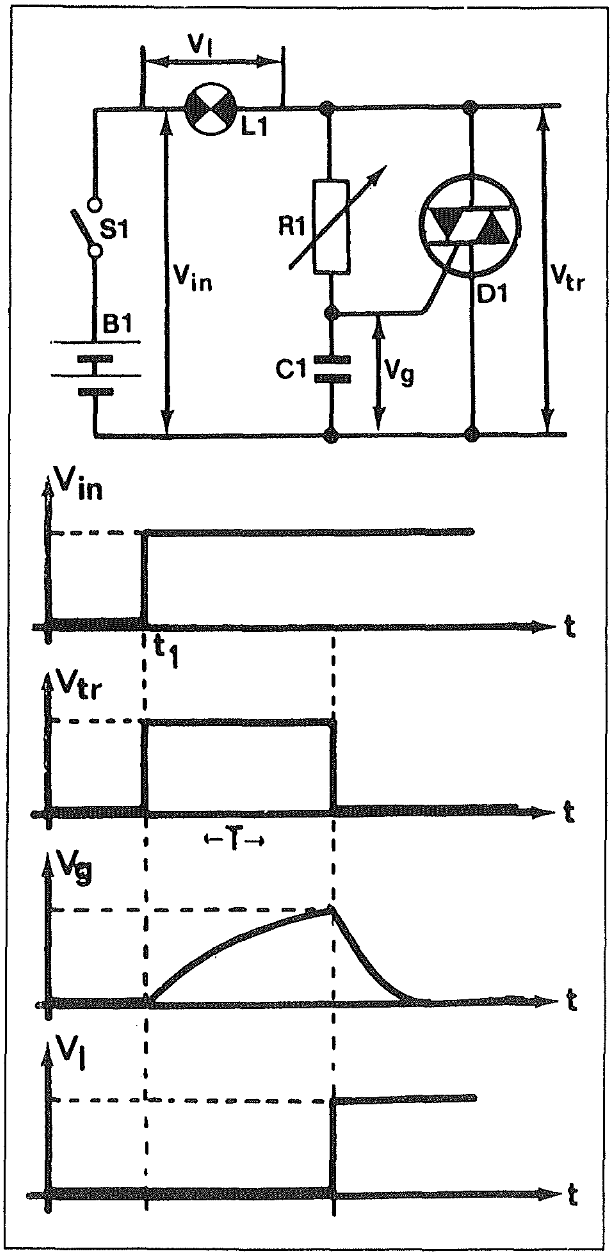
Faseverschuiving
Het enige probleem bij een dergelijke schakeling is een eenvoudig systeem verzinnen, waarmee men deze faseverschuiving tussen nuldoorgang en gate-puls kan instellen.
Hiervoor bestaan verschillende systemen.

Fase-regeling met RC-netwerk

Inleiding
Het eenvoudigste systeem om de gewenste faseverschuiving te verkrijgen is gebruik te maken van een RC-netwerkje. Het principe hiervan toegelicht aan de hand van een eenvoudig voorbeeld. In

18.1 Principes van energieregeling

figuur 3/18.1-5 is een schakeling getekend, waarbij de serieschakeling van lamp en triac uit een gelijkspanning wordt gevoed.



Figuur 3/18.1-5: Faseverschuiving door middel van een RC-netwerkje.

Over de triac is een serieschakeling van een regelbare weerstand R1 en een condensator C1 opgenomen. Het knooppunt van beide onderdelen gaat naar de gate van de triac. Als de schakelaar S1 geopend is, dan is er geen spanning beschikbaar. De condensator is dus volledig ontladen. Sluit men nu de schakelaar, dan komt de voedingsspanning over de serieschakeling van lamp en triac te staan. De triac is echter gesperd, zodat de voedingsspanning via de lamp wordt aangeboden aan de serieschakeling van de weerstand R1 en de condensator C1. De condensator gaat nu langzaam opladen via de weerstand R1. De snelheid, waarmee de condensator oplaadt, is uiteraard afhankelijk van de waarde van de condensator en van de waarde van de weerstand. Na een bepaalde tijd T is de spanning over de condensator gestegen tot 0,65 V. Er kan nu een stroom in de gate gaan vloeien. Deze stroom ontsteekt de triac, deze gaat geleiden en sluit de lamp kort over de voeding. De lamp gaat dus branden. Maar op dat moment valt de spanning over de serieschakeling van weerstand R1 en condensator C1 weg. De geleidende triac sluit deze onderdelen immers kort, de condensatorspanning gaat onmiddellijk naar nul. Er ontstaat een bepaalde vertraging T tussen het moment waarop de spanning aan de schakeling wordt gelegd en het moment waarop de triac in geleiding wordt gestuurd. Deze vertraging T is in te stellen door het verdraaien van de potentiometer.

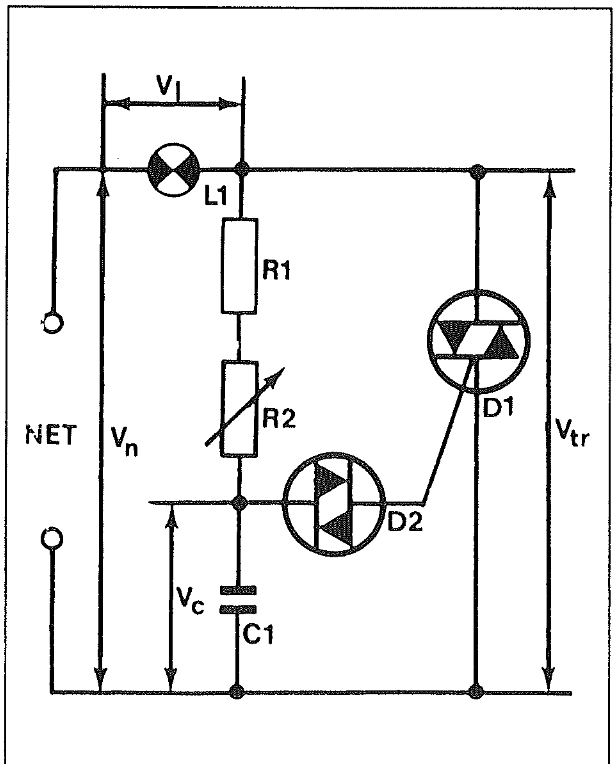
In deze schakeling zal deze vertraging zich eenmalig voordoen. Nadat de triac is ontstoken blijft de lamp op vol vermogen banden. De voedingsspanning blijft immers aanwezig en de stroom door de triac valt nooit onder de houdwaarde. Maar als men de batterij vervangt door een wisselspanning, verandert deze situatie dramatisch. Dan zal namelijk de voedingsspanning na ieder halve periode door nul

gaan, waardoor de triac gaat doven en het systeem zichzelf in feite reset!

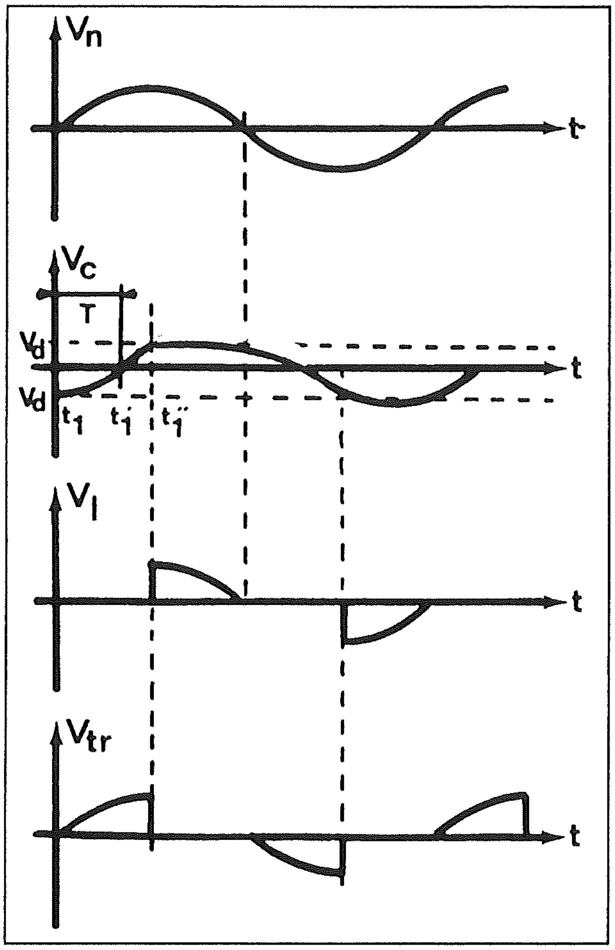
Een praktische ontsteekschakeling

Een praktisch bruikbare ontsteekschakeling is getekend in figuur 3/18.1-6. In feite is deze schakeling identiek aan deze van de vorige figuur. Het enige verschil is dat tussen het knooppunt van de weerstand en de condensator en de gate van de triac een diac D2 is opgenomen. Een diac is een speciale diode die in sper blijft tot de spanning over het onderdeel een bepaalde waarde rond de 20 V bereikt. Als de spanning groter wordt slaat het onderdeel door.

Een diac is bipolair, hetgeen wil zeggen dat de werking van het onderdeel onafhankelijk is van de polariteit van de spanning over het onderdeel.



Figuur 3/18.1-6: Een praktische ontsteekschakeling.



Figuur 3/18.1-7: De spanningsvormen die ontstaan in de schakeling van figuur 3/18.1-6.

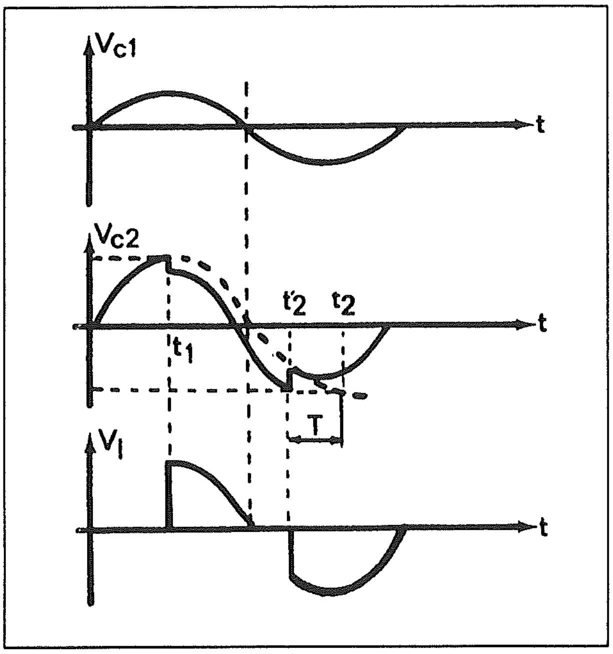
De werking van de schakeling word toegelicht aan de hand van de grafieken in figuur 3/18.1-7. In de bovenste grafiek is het verloop van de wisselspanning V_n getekend. De tweede grafiek stelt de spanning V_c over de condensator voor. Het blijkt dat er een bepaalde vertraging aanwezig is tussen het verloop van de netspanning en het verloop van de spanning over de condensator. Dat is logisch, want de condensator moet opladen tot de netspanning via de weerstanden R1 en R2. En deze weerstanden zorgen ervoor dat het opladen maar met een beperkte stroom kan. Bij het nulpunt van de grafieken be-

gint de netspanning aan een positieve halve periode. Op dat moment is de condensatorspanning nog negatief. Het duurt een bepaalde tijd T alvorens ook de condensatorspanning door nul gaat. Op het moment t"1 wordt de spanning over de condensator gelijk aan de doorslagspanning van de diac. Op dat moment is de netspanning gestegen tot haar maximale positieve waarde. De diac gaat geleiden, er vloeit een stroom door het onderdeel die alleen via de gate van de triac naar de massa kan afvloeien. Op dat moment ontsteekt de triac. De spanning over het onderdeel valt naar nul, de netspanning komt over de lamp te staan. De condensator kan nu uiteraard niet verder opladen. De spanning over het onderdeel gaat nu langzaam dalen, want er vloeit een ontlaadstroom door de weerstanden R1 en R2. Deze situatie blijft ongewijzigd totdat de netspanning door de nul gaat. De stroom door de schakeling valt onder de houdwaarde van de triac, dit onderdeel dooft en de schakeling heeft zichzelf gereset. Als de netspanning aan haar negatieve halve periode begint zal de condensator gaan ontladen naar deze negatieve spanning. Maar de spanning over de condensator is op dit moment nog positief. Het duurt dus alweer een bepaalde tijd T alvorens de condensatorspanning nul wordt. En het duurt nog langer alvorens de condensator is ontladen tot een spanning van ongeveer -20 V, de doorslagspanning van de diac. Op dat moment ontsteekt de diac en dus ook de triac voor de tweede keer. Maar ook nu dus met een bepaalde vertraging ten opzichte van de nuldoorgang van de netspanning.

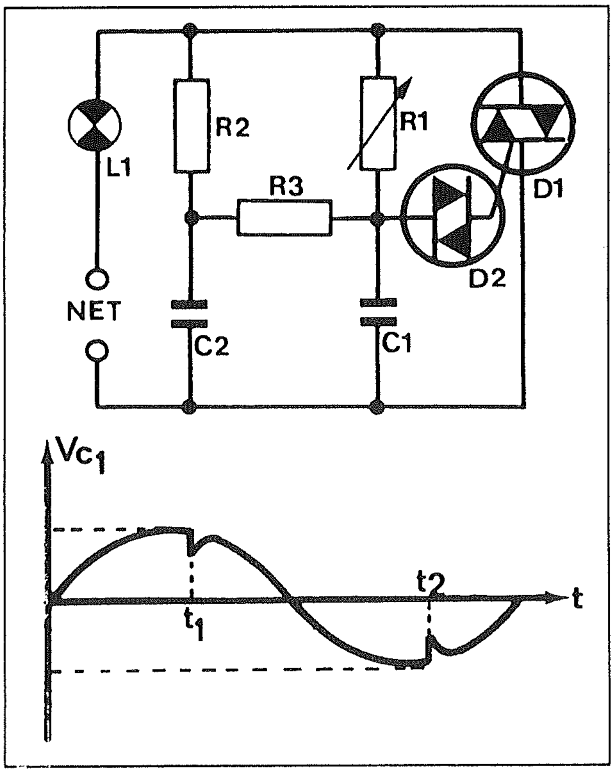
Het verschijnsel hysteresis

Tot nu toe is aangenomen dat het doorslaan van de diac geen gevolgen heeft voor de spanning over de condensator. Dat is echter wél het geval! Het verschijnsel van de hysteresis wordt grafisch toegelicht aan de hand van de grafieken in figuur 3/18.1-8. In de bovenste grafiek is de spanning over de condensator getekend als de waarde van de weerstanden R1+R2 groot is. De condensator kan dan niet opladen tot de doorslagspanning van de diac. De condensatorspanning verloopt keurig sinusvormig. In de tweede grafiek is de situatie getekend als men de weerstandswaarde zo ver vermindert dat de condensator net tot de ontsteekspanning van de diac kan opladen. Dit gebeurt op tijdstip t1. Het ontsteken van de diac heeft tot gevolg dat er een stroom door het onderdeel gaat vloeien. Deze stroom kan alleen geleverd worden door de condensator. Het gevolg is dat de condensatorspanning opeens iets gaat zakken. Wat er zou gebeuren als die spanningsdaling zich niet voordeed is gestippeld getekend. Bij de volgende halve periode van de netspanning zou de condensatorspanning op tijdstip t2 weer gelijk worden aan de ontsteekspanning van de diac. Maar door de spanningsreductie, als gevolg van de diac-stroom, zal dat tweede moment zich iets vroeger in de tijd voordoen, namelijk op moment t'2. Wat heeft dit nu tot gevolg voor de lamp? Zonder deze spanningsreductie zou de lamp in de eerste halve periode op tijdstip t1 ontsteken en in de tweede halve periode op tijdstip t2. Beide tijdstippen zijn even ver verschoven ten opzichte van de nuldoorgang van de netspanning. In beide halve perioden zou er dus een identieke fase-verschuiving ontstaan tussen de nuldoorgang van het net en het brandmoment van de lamp. De lamp zou zachtjes gaan gloeien. Door die plotselinge spanningsval, echter, zal de lamp in de tweede halve periode eerder gaan branden.

18.1 Principes van energieregeling



Figuur 3/18.1-8: Het ontstaan van hysteresis.



Figuur 3/18.1-9: Het compenseren van de hysteresis.

De lamp gaat dus in de praktijk niet zachtjes oplichten, maar gaat opeens met een reeds tamelijk grote intensiteit branden. Dit verschijnsel noemt men de hysteresis van de dimmer.
Zoals iedereen die al eens ooit een inbouwdimmer geïnstalleerd heeft uit de praktijk weet, vertonen de meeste goedkope lichtdimmers dit effect.

Hysteresis-compensatie

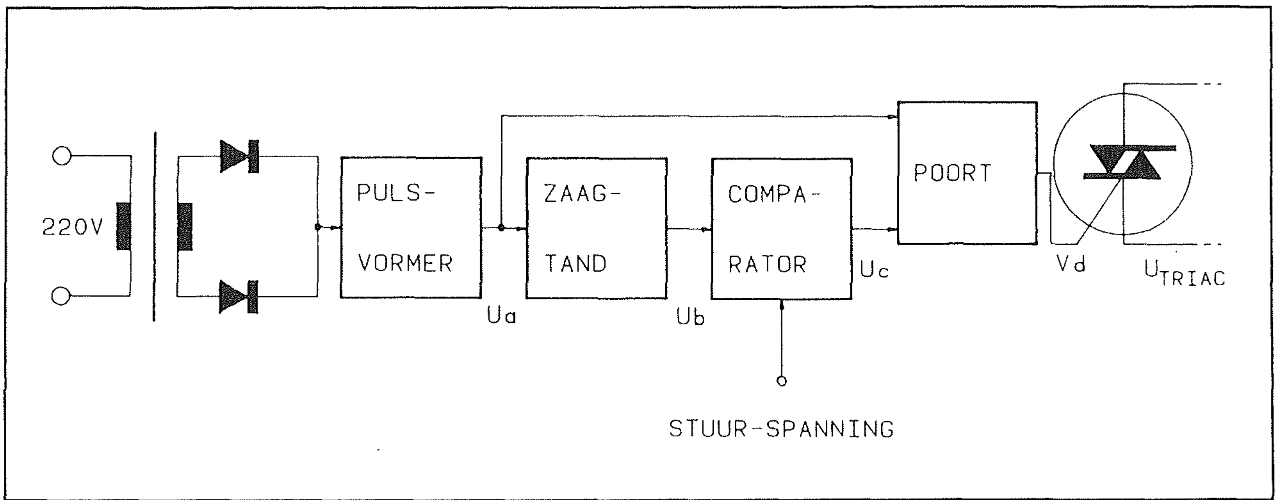
Het hysteresis verschijnsel is op een tamelijk eenvoudige manier te compenseren. Hoe dat kan is getekend in figuur 3/18.1-9. Er zijn nu twee RC-netwerken aanwezig, die door middel van de weerstand R3 met elkaar verbonden zijn. Op het moment dat de spanning over C1 gestegen is tot de doorslagspanning van de diac en de diac stroom uit de condensator gaat halen, zal condensator C2 zijn soortgenoot C1 te hulp komen. De spanningsdaling over C1 wordt snel aangevuld via een stroom die via R3 uit C2 geleverd wordt. Het komt er nu alleen op aan de onderdelen zo te berekenen dat op het kritische moment in de regeling, het moment waarbij de spanning over C1 gelijk wordt aan de doorslagspanning van de diac, de spanning over C2 groot genoeg is om de spanningsreductie over C1 te compenseren.

Fase-regeling met zaagtand vergelijking

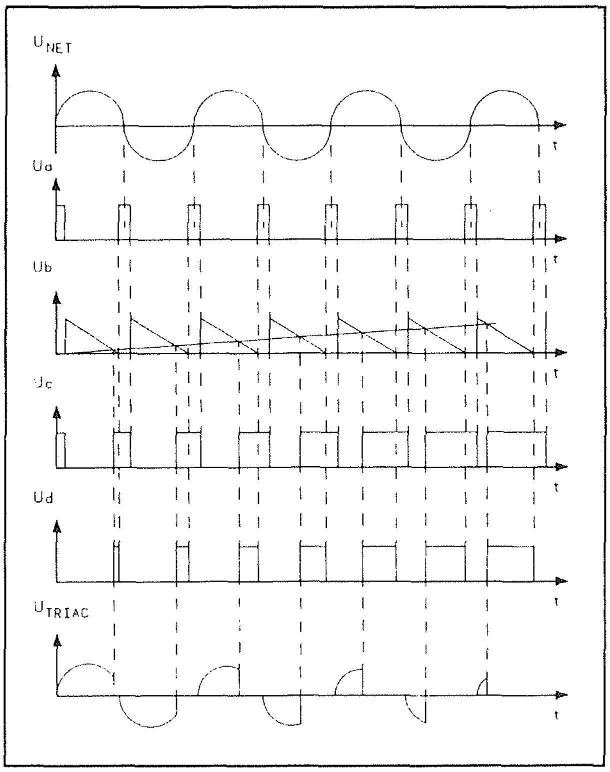
Inleiding

Vrijwel alle IC's voor energieregeling en -besparing die werken met fase-aansnij besturing werken volgens het principe van de zaagtandvergelijking.

18.1 Principes van energieregeling



Figuur 3/18.1-10: Het principe van de fase-aansnij besturing met zaagtand vergelijking.



Figuur 3/18.1-11: De spanningsvormen in figuur 3/18.1-10.

Dit principe wordt toegelicht aan de hand van het blokschema van figuur 3/18.1-10 en de tijddiagrammen van figuur 3/18.1-11.

Werking

Uit de voedingsspanning, in de meeste gevallen de netspanning met een frequentie van 50 Hz, wordt door een pulsvormer een smalle puls afgeleid die ontstaat rond de nuldoorgangen van het net. Daarvoor bestaan verschillende systemen, het meest eenvoudige is de netspanning door middel van een bruggelijkrichter gelijk te richten. Op de uitgang van de brug ontstaan dan 100 halve positieve sinussen per seconde en uit dit signaal kan men uiteraard op een zeer eenvoudige manier de gewenste smalle pulsjes afleiden. De pulsjes Ua worden gebruikt voor het synchroniseren van een zaagtandgenerator. Deze wekt een zaagtandspanning Ub op, die een maximale waarde heeft op het moment dat de pulsen Ua verdwijnen. Nadien gaat de zaagtandspanning lineair dalen en wordt gelijk aan nul net voordat de volgende puls Ua verschijnt. Deze zaagtand Ub wordt vervolgens in een comparator vergeleken met een stuurspanning. Dat is een gelijkspanning waarvan de waarde instelbaar is tussen de grenzen van de zaagtandspanning. De comparator zal een uitgangsspanning Uc opwekken als

de stuurspanning groter is dan de zaagtandspanning.
In de grafieken is getekend wat er gebeurt als men de stuurspanning langzaam laat stijgen van nul tot maximum. Als de stuurspanning laag, is zal de uitgangspuls van de comparator verschijnen in het laatste deel van de halve periode van de sinussen van de netspanning. Naarmate de stuurspanning stijgt, zal de voorflank van de comparatorspanning Uc steeds verder naar het begin van de halve periode verschuiven. De achterflank van de pulsen Uc is gesynchroniseerd met de voorflank van de zaagtanden. Op dat moment wordt immers de zaagtandspanning in ieder geval groter dan de stuurspanning en gaat de uitgang van de comparator naar nul.
De comparatorpulsen Uc worden vervolgens in een poortschakeling vergeleken met de pulsen Ua. Deze poort zal een positieve uitgangspuls Ud opwekken als de pulsen Ua en Uc niet aan elkaar gelijk zijn. Het gevolg is dat de voorflank van Ud samenvalt met de voorflank van Uc, maar de achterflank samenvalt met de voorflank van Ua. Op deze manier is men er zeker van dat de pulsen Ud weer nul zijn op het moment dat de netsinus door nul gaat.
De uitgangspulsen Ud van de poort worden gebruikt voor het sturen van de gate van de triac. Het gevolg is dat dit onderdeel in geleiding wordt gestuurd door de voorflank van de puls Ud en naar sper gaat op het moment dat de sinusspanning door nul gaat. Op dat moment wordt immers de stroom door de triac gelijk aan nul en zal het onderdeel uit zichzelf naar sper gaan.

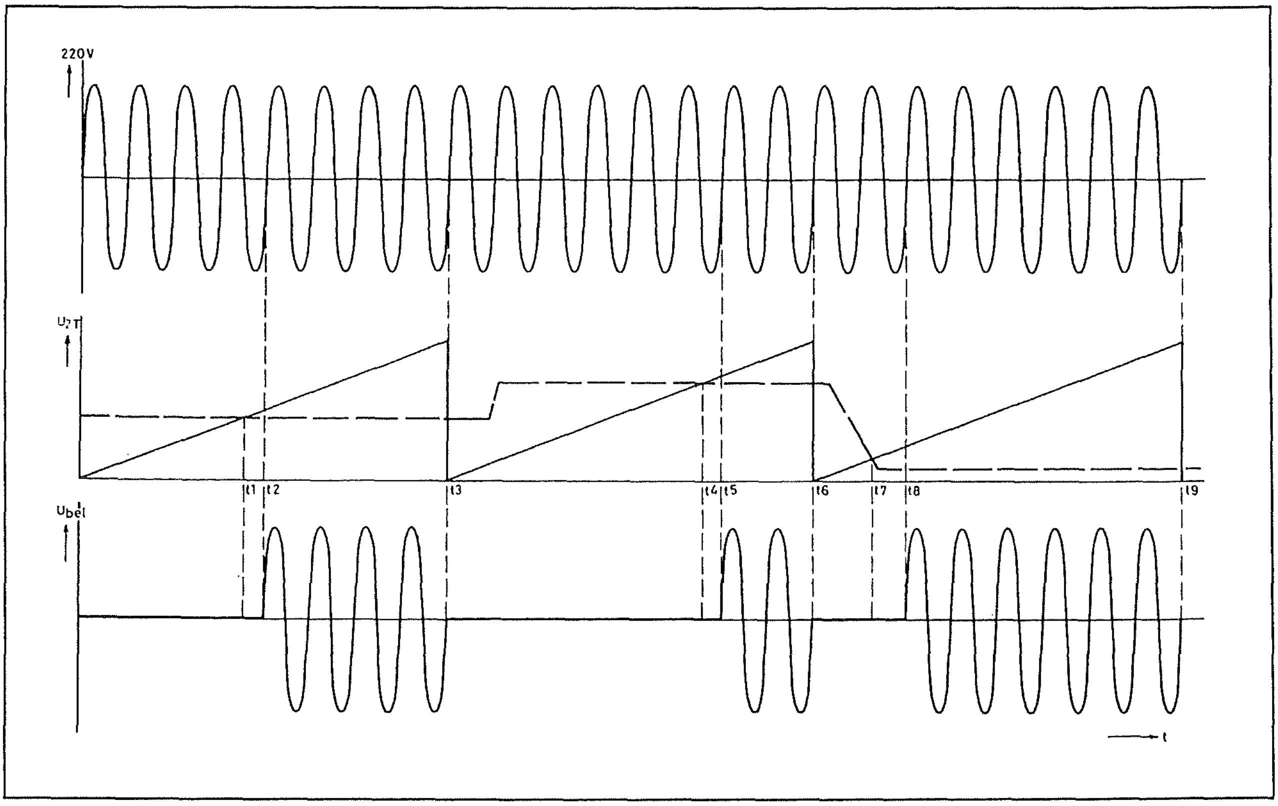
De openingshoek
De openingshoek van de triac is, dat blijkt duidelijk uit de onderste grafiek van figuur 3/18.1-11, gekoppeld aan het moment waarop de stuurspanning gelijk wordt aan de zaagtandspanning. Op deze manier kan de openingshoek van de triac en dus het vermogen dat aan de belasting wordt aangeboden tussen 0° en 180° geregeld worden door het verhogen of verlagen van de stuurspanning.

Variaties
Uiteraard bestaan er tal van variaties op dit principe. Maar de basiswerking van alle IC's die werken volgens de fase-aansnij besturing blijft steeds gelijk, namelijk het vergelijken van een netgesynchroniseerde zaagtand met een stuurspanning door middel van een comparator!

Pakketbesturing

Inleiding
Energieregelingen met fase-aansnij besturing werken in principe goed, maar hebben toch een nadeel. De stroom wordt ingeschakeld op een moment dat de spanning over de belasting een willekeurige waarde heeft. Dat verschijnsel is uiteraard onlosmakelijk met het principe van de regeling verbonden! Nu kan de netsinus van 230 V effectief een topwaarde hebben van meer dan 300 V. Als op dat moment de triac of de thyristoren worden ingeschakeld, zal er een zeer grote inschakelstroom door de belasting vloeien.
Een voorbeeld zal dit verduidelijken. Als de netspanning op de maximale top zit is de waarde gelijk aan:
$U_m = U_{eff} * 1{,}414$
$U_m = 230\ V_{effectief} * 1{,}414$
$U_m = 325{,}27\ V$
Stel dat men in totaal 2 kW vermogen moet regelen.

18.1 Principes van energieregeling



Figuur 3/18.1-12: Het principe van pakketbesturing.

Een zuiver ohmse verbruiker van 2 kW heeft een inwendige weerstand van:

$R = U^2/P$

$R = 230^2/2.000$

$R = 26{,}45\ \Omega$

Als de triac zou inschakelen op het moment dat de netsinus door zijn top gaat, ontstaat er plotseling een piekstroom van:

$I = U/R$

$I = 325{,}27/26{,}45$

$I = 12{,}29\ A$

De triac schakelt van sper naar geleiding in een paar µs. De stroom gaat dus in dezelfde korte tijd naar zijn maximale waarde en dit verschijnsel veroorzaakt een heleboel hogere harmonischen van de netspanning, lopende tot in de honderden kHz, in de geleiders. Omdat de stromen zo groot zijn wekken deze een sterk elektromagnetisch veld op rond de kabels waardoor zij lopen en deze gaan dus als het ware als zendantenne dienen voor de hogere harmonischen. Deze elektromagnetische golven kunnen de ontvangst van radio, TV en telecommunicatie in de verre omgeving van de dimmer behoorlijk storen.

Ontstoren absoluut noodzakelijk!

Het komt er dus op aan deze elektromagnetische hoogfrequente golven zoveel mogelijk te onderdrukken en daarvoor staan twee methoden ter beschikking:

- laagdoorlaat filters opnemen;
- de stroom-steilheid reduceren.

Beide systemen vragen, als zij volgens de regels van de kunst worden uitgewerkt, nogal wat dure onderdelen zoals zware ontstoorspoelen. Vaak zijn de onderdelen die noodzakelijk zijn voor het onderdruk-

18.1 Principes van energieregeling

ken van de storingen veel duurder dan de onderdelen die worden gebruikt in de eigenlijke energieregelingsschakeling!

Pakketbesturing als alternatief

Voor sommige belastingen, zoals verwarmingselementen, bestaat er een elegant alternatief voor de fase-aansnij besturing: pakketbesturing. Opgemerkt moet worden dat dit systeem absoluut niet geschikt is voor het regelen van de energie die aan lampen en motoren wordt geleverd.

Het principe

Bij dit systeem, waarvan het principe geschetst is in figuur 3/18.1-12, worden afhankelijk van de energie die moet worden opgewekt, één of meerdere volledige perioden van de 50 Hz netspanning cyclisch aan de verbruiker aangeboden.
Een cyclus komt overeen met een bepaald aantal perioden van de netspanning en de duur van een cyclus wordt bepaald door de periode van een zaagtand. In het getekende voorbeeld omvat één cyclus dus acht perioden. De zaagtand wordt in een comparator vergeleken met een terugkoppelspanning, bijvoorbeeld de uitgangsspanning van een temperatuursensor. Op het moment dat beide signalen aan elkaar gelijk worden (tijdstippen t1, t4 en t7) wordt een logische schakeling geactiveerd, die de nuldoorgang van de eerstvolgende netsinus detecteert (tijdstippen t2, t5 en t8) en eerst op dat ogenblik de netspanning met het verwarmingselement verbindt. Op het ogenblik dat de zaagtand naar nul gaat (ook dit verloopt synchroon met het einde van een netperiode), dus op de tijdstippen t3, t6 en t9 in het voorbeeld, wordt de verbinding tussen net en verbruiker weer onderbroken.

Voordelen

Dit systeem heeft een aantal voordelen boven de traditionele fase-aansnij regeling. Omdat bij zuiver ohmse belastingen (en dat is een verwarmingselement per definitie) spanning en stroom in fase zijn zullen er geen plotselinge stroompieken optreden bij het inschakelen van het verwarmingselement. Het systeem wekt dan ook absoluut geen stoorpulsen op en dit bespaart uitgebreide en dure ontstoorschakelingen. Uit de figuur volgt immers overduidelijk dat de verbruiker met het net wordt verbonden op het moment dat de stroom nul is!
Een tweede voordeel is dat men de nauwkeurigheid van het systeem kan instellen door de periode van de zaagtand groter of kleiner te maken. Hoe langer de periode, hoe meer verschillende periode-pakketten er ter beschikking staan voor de regeling en hoe meer "standen" het verwarmingselement heeft.

18.1 Principes van energieregeling

3/18.2

Praktische schakelingen

Inleiding

Discreet of IC's

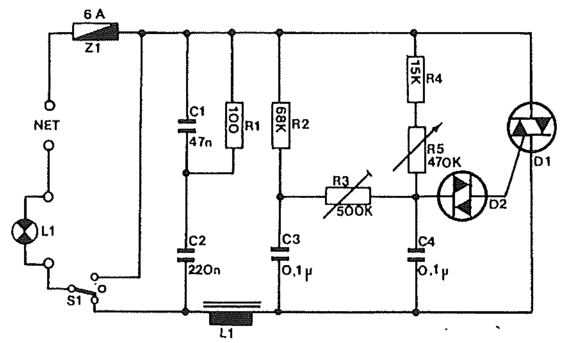
Schakelingen voor het regelen van en bezuinigen op energie kan men zowel discreet als geïntegreerd uitwerken. De meest voor de hand liggende en vaakst toegepaste discrete schakeling is natuurlijk de lichtdimmer. Maar ook voor dit oeroude principe kan men tegenwoordig een beroep doen op speciaal voor dit doel ontwikkelde IC's.

In het volgende subhoofdstuk worden wat dimmerschakelingen beschreven, nadien volgen een aantal speciale IC's die voor energiebezuiniging of -regeling ontwikkeld zijn.

Dimmerschakelingen

Een discreet ontwerp

In figuur 3/18.2-1 is een volledig uitgewerkt praktisch schema getekend van een dimmer, die werkt volgens de in hoofdstuk 3/18.1 beschreven principes. Het bekende hysteresis-verschijnsel wordt gereduceerd door het toepassen van twee RC-kringen. Het rechter deel van het schema is gelijk aan dat wat reeds besproken werd in hoofdstuk 3/18.1. Men herkent de twee RC-netwerken.

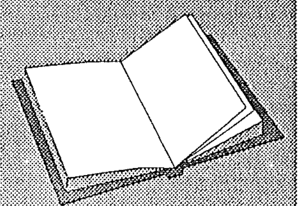


Figuur 3/18.2-1: Een discrete dimmer die aan de hoogste kwaliteitseisen voldoet.

De weerstanden R4+R5 en de condensator C4 verzorgen de fase-aansnij besturing van de triac D1. De weerstand R2 en de condensator C3 vormen het netwerkje dat via de weerstand R3 de hysteresis van de regeling compenseert.

LEES OOK:

Hoofdstuk 3/3.14
Hoofdstuk 3/18.1
Hoofdstuk 3/15.1
Hoofdstuk 3/15.8
Hoofdstuk 4/15.10

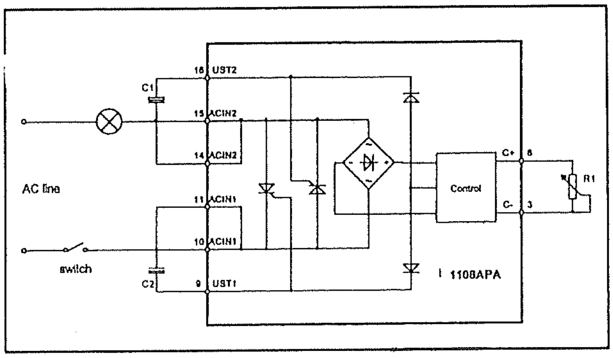


18.2 Praktische schakelingen

De onderdelen die links in het schema zijn opgenomen verzorgen de noodzakelijke onderdrukking van storingen. Dat ontstoren gebeurt door tussen de lamp en de triac een laagdoorlaat filtertje op te nemen. Dit filtertje heeft een verwaarloosbare impedantie voor de 50 Hz van het net. Maar voor de harmonische signalen vormt het filter een soort sperkring. Dergelijke filters worden steeds samengesteld uit een condensator en een spoel. De condensator staat over de serieschakeling van net en lamp geschakeld, de spoel staat tussen de lamp en de triac. De spoel heeft een impedantie die stijgt met de frequentie. De netspanning wordt ongehinderd doorgelaten, de hoge harmonischen worden verzwakt. Een condensator heeft een impedantie die daalt met de frequentie. Voor de netspanning heeft de condensator dus een zeer hoge impedantie. Voor de harmonischen vormt de condensator echter een kortsluiting.
In de meeste eenvoudige dimmers wordt het filtertje uitgevoerd onder de vorm van één spoel en één condensator. De kans is dan echter groot dat onder bepaalde omstandigheden het LC-filter gaat resoneren. Hierdoor wordt de werking van de fase-aansnij sturing verstoord. De lamp kan gaan "happen", op een vrij willekeurige manier oplichten en weer doven. Het gevaar van resonantie kan geminimaliseerd worden door de ontstoorcondensator uit te voeren onder de vorm van een T-filter. De condensator wordt dan vervangen door twee in serie geschakelde condensatoren, waarvan het knooppunt via een kleine weerstand naar de voedingsspanning gaat. Deze constructie heeft tot gevolg dat de kwaliteitsfactor van het ontstoorfilter wordt gereduceerd. Dat doet niets af aan de goede onderdrukkings-eigenschappen voor hoge frequenties, maar vermindert de kans op resonantie aanzienlijk!
In de schakeling is het ontstoorfilter uitgevoerd met T-netwerk. De spoel L1 staat tussen de lamp L1 en de triac D1. Het T-netwerk bestaat uit de condensatoren C1 en C2 en de weerstand R1.
Tot slot is de schakeling voorzien van een driestanden schakelaar S1. Met deze schakelaar kan men de dimmer uitschakelen (de lamp hangt dan rechtstreeks aan het net), de dimmer inschakelen of de lamp volledig uitschakelen.

Geïntegreerde dimmer met een 1108APA

Door de Duitse IC-fabrikant Alpha Microelectronics uit Frankfurt wordt de 1108APA op de markt gebracht. In de eenvoudigste configuratie zijn slechts vier externe componenten noodzakelijk om deze chip om te zetten in een goed werkende 150 W dimmer! Met wat extra onderdelen zijn opties als "Soft Start" en "Soft Switch-off" mogelijk.



Figuur 3/18.2-2: Het intern blokschema van de 1108APA.

Het intern blokschema van dit IC is getekend in figuur 3/18.2-2. Er wordt gebruik gemaakt van twee anti-parallel geschakelde thyristoren. De ene thyristor regelt het vermogen voor de positieve halve sinussen van de netspanning, de tweede thyris-

18.2 Praktische schakelingen

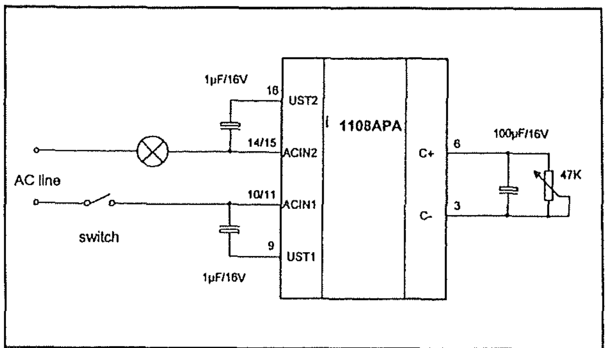
tor neemt de negatieve halve sinussen voor zijn rekening.
De functie van de 16 pennen is as volgt:
- Pen 1: NC
  Niet verbonden, ongebruikt laten
- Pen 2: NC
  Niet verbonden, ongebruikt laten
- Pen 3: C-
  Negatieve ingang van het stuurblok
- Pen 4: NC
  Niet verbonden, ongebruikt laten
- Pen 5: NC
  Niet verbonden, ongebruikt laten
- Pen 6: C+
  Positieve ingang van het stuurblok
- Pen 7: NC
  Niet verbonden, ongebruikt laten
- Pen 8: NC
  Niet verbonden, ongebruikt laten
- Pen 9: UST1
  Gate van de eerste interne thyristor
- Pen 10: ACIN1
  Eerste ingang van de netspanning
- Pen 11: ACIN1
  Eerste ingang van de netspanning
- Pen 12: NC
  Niet verbonden, ongebruikt laten
- Pen 13: NC
  Niet verbonden, ongebruikt laten
- Pen 14: ACIN2
  Tweede ingang van de netspanning
- Pen 15: ACIN2
  Tweede ingang van de netspanning
- Pen 16: UST2
  Gate van de tweede thyristor

Zoals iedere dimmer werkt ook deze schakeling met fase-aansnij besturing. Het controleblok, dat de gates van de thyristoren op het juiste moment in het faseverloop van stroom voorziet, wordt gestuurd uit een gelijkspanning tussen de pennen C+ en C-. Deze spanning heeft een bereik van 0 V tot 6 V, waarbij 0 V de thyristoren niet open stuurt en een spanning van 6 V de thyristoren volledig open stuurt. De control wekt twee zaagtandvormige spanningen op, die starten bij de nuldoorgangen van de 230 V netspanning. De stuurspanning bepaalt de helling van de zaagtanden. Hoe steiler deze spanningen, hoe sneller de ontsteekspanning op de gates van de thyristoren wordt bereikt en hoe eerder in het faseverloop de thyristoren gaan ontsteken. Op deze eenvoudige manier kan men dus de openingshoek van de thyristoren soepel regelen over de volledige 180° van een halve periode. De zaagtandspanningen ontstaan door het opladen van de twee absoluut noodzakelijke externe condensatoren C1 en C2. Deze condensatoren worden bij iedere nuldoorgang van de netspanning volledig ontladen en zullen nadien gaan opladen met een stroom die door de control geleverd wordt. Het is de grootte van deze stroom die met de spanning tussen de pennen C+ en C- in te stellen is. Hoe groter de stroom, hoe sneller de condensatoren opladen tot de ontsteekspanningen van de thyristoren.
In figuur 3/18.2-3 is de eenvoudigste schakeling rond de 1108APA getekend. Twee elco's van 1 μF / 16 V tussen de pennen 14/15-16 en 10/11-9, een potentiometer en een elco tussen de pennen 3-6 en klaar is Kees! Met deze schakeling kan het IC maximaal 75 W vermogen leveren, hetgeen dus ideaal is voor de standaard 60 W gloeilampen die meestal in en om het huis worden toegepast.

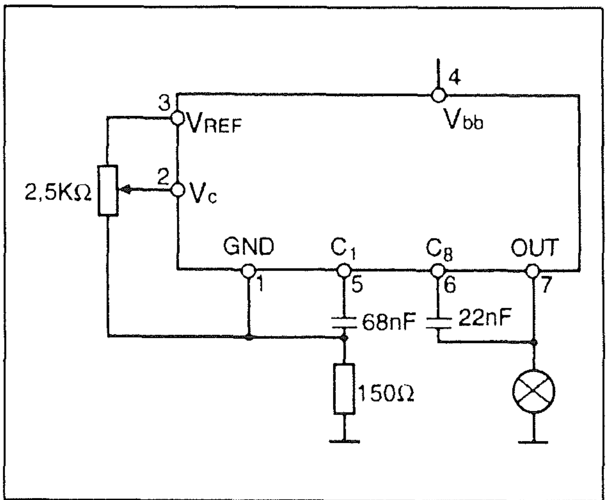
Laagspanningsdimmer met BTS629A
Ook door Siemens wordt een schakeling op de markt gebracht, waarmee men op een eenvoudige manier een dimmer kan maken. De BTS629A is echter speciaal ontwikkeld voor het dimmen van 12 V halogeenlampen. Het IC is onderge-

18.2 Praktische schakelingen

bracht in een 7-pens TO-220 behuizing. Het eenvoudige toepassingsschema is weergegeven in figuur 3/18.2-4.

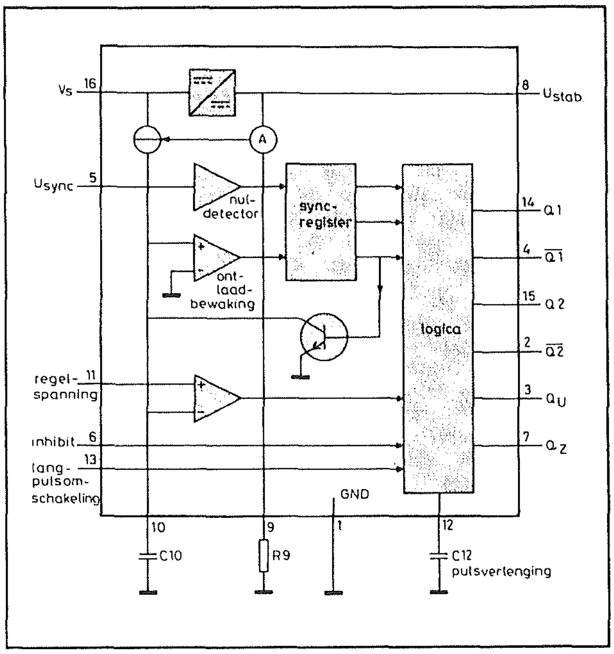


Figuur 3/18.2-3: De eenvoudigste schakeling rond de 1108APA.



Figuur 3/18.2-4: Het toepassen van de BTS629A.

De AAN-weerstand tussen de pennen 4 (voeding) en 7 (belasting) bedraagt slechts 180 mΩ. De maximale stroom die het IC kan schakelen is 2 A, zodat men halogeenlampjes tot 24 W kan dimmen. De gemiddelde spanning op de uitgang kan geregeld worden tussen 4 V en 17 V door het verdraaien van de potentiometer van 2,5 kΩ. Het zal duidelijk zijn dat de in hoofdstuk 3/18.1 beschreven principes niet werken bij gelijkspanningsvoeding. Bij de BTS629 wordt dan ook gebruik gemaakt van pulsbreedte besturing, waarbij de voedingsspanning in stukjes wordt gehakt en de breedte van deze stukjes instelbaar is. Hoe breder de AAN-periode van de schakeling, hoe meer vermogen er aan de belasting wordt aangeboden.



Figuur 3/18.2-5: Het intern blokschema van de TCA785.

Laagspanningsdimmer met de TCA785

Een tweede laagspanningsdimmer voor halogeen lampen wordt door Siemens op de markt gebracht onder typenummer TCA785. Het grote voordeel van deze schakeling is dat gebruik gemaakt kan worden van de normale laagspanningstrafo die bij de halogeen verlichting wordt geleverd. Weliswaar moet het IC met gelijkspanning gevoed worden, maar de lampjes kunnen op de normale manier via een externe triac met hun trafo verbonden blijven. In figuur 3/18.2-5 is het

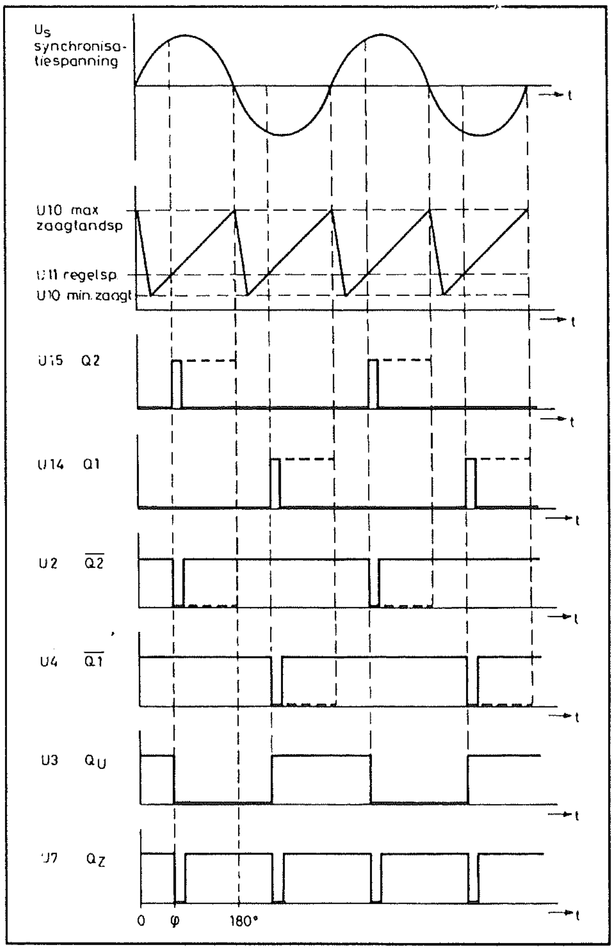
18.2 Praktische schakelingen

intern blokschema van het IC getekend. Het IC mag een voedingsspanning hebben van 8 V tot 18 V en verbruikt tussen 4,5 mA en 10 mA. Op pen 5 kan een wisselspanning worden aangesloten voor het sturen van de nuldoorgangsdetector. De stroom mag hierbij liggen tussen 30 µA en 200 µA.

Op pen 8 is een gestabiliseerde spanning beschikbaar die ligt tussen 2,8 V en 3,4 V. Op pen 9 kan een weerstand worden aangesloten tussen 3 kΩ en 300 kΩ waarmee de constante stroom uit pen 10 wordt bepaald. Op pen 10 kan een condensator worden aangesloten tussen 500 pF en 1 µF. Deze condensator wordt na elke nuldoorgang van de lampspanning ontladen, de restspanning ligt tussen 100 mV en 350 mV. De tijd waarin de condensator wordt ontladen is 80 ms. Na het ontladen wordt de condensator geladen met een constante stroom, die wordt bepaald door R9.

De maximale waarde van de condensatorspanning is echter 2 V lager dan de voedingsspanning. Met een spanning op pen 11 wordt bepaald op welk moment er een triggerpuls komt. Deze spanning moet liggen tussen 0,2 V en de maximale spanning over C10. De ingangsweerstand op pen 11 bedraagt 15 kΩ. Komt de spanning van C10 boven die van de regelspanning uit, dan ontstaan er op de uitgangen Q ontsteekpulsen. Als pen 6 met de nul wordt verbonden ontstaan er geen pulsen. Uitgangen 14 en 15 mogen maximaal 400 mA leveren, normaal is dit echter 250 mA. De breedte van de puls op deze pennen bedraagt ongeveer 30 µs en kan worden verlengd tot maximaal 180 µs door een condensator op pen 12.

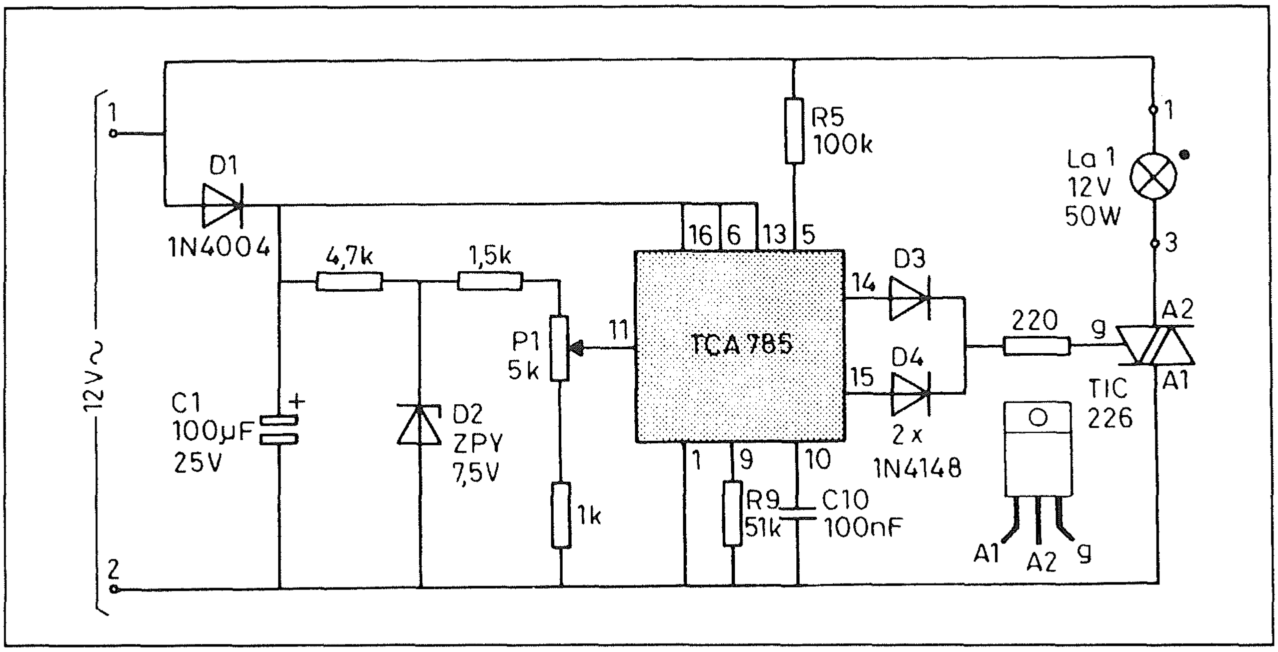
Het timing-diagram van de werking van de schakeling is getekend in figuur 3/18.2-6.



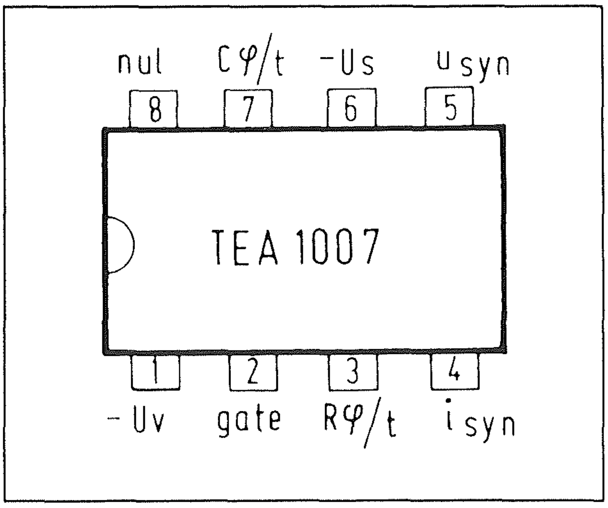
Figuur 3/18.2-6: Het timing-diagram van de TCA785.

In figuur 3/18.2-7 is een praktische schakeling van een halogeendimmer getekend. De voedingsspanning voor het IC wordt gemaakt door het gelijkrichten van de transformatorspanning door D1 en afgevlakt met C1. Met P1 kan het tijdstip van ontsteken worden bepaald. De triac moet op een TO-220 koellichaam worden gemonteerd. Wanneer de dimmer wordt gebruikt voor een diaprojector (24 V_{wissel}), dan moet over C1 een zenerdiode van 15 V worden geplaatst en een weerstand van 220 Ω in serie met de diode D1. Weerstand R5 voor de synchronisatiespanning moet dan worden vergroot tot 240 kΩ.

18.2 Praktische schakelingen



Figuur 3/18.2-7: Een halogeendimmer rond de TCA785.



Figuur 3/18.2-8: Aansluitgegevens van de TEA1007.

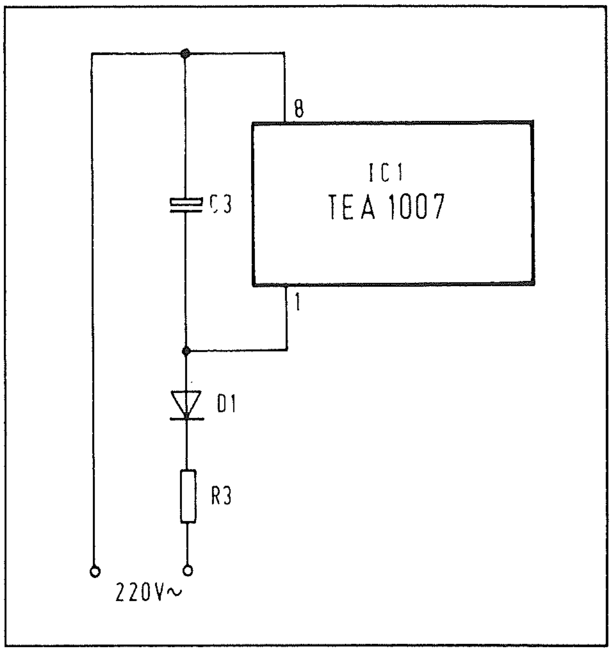
Automatische dimmer met de TEA1007

Ook Telefunken brengt diverse dimmer-IC's op de markt. Met een daarvan, de TEA1007, kan men op een heel eenvoudige manier een automatische dimmer maken. Dat betekent dat de schakeling gestuurd wordt door een LDR die de sterkte van het omgevingslicht meet. De schakeling stuurt nu gloeilampen zodanig aan, dat deze intensiteit constant blijft.

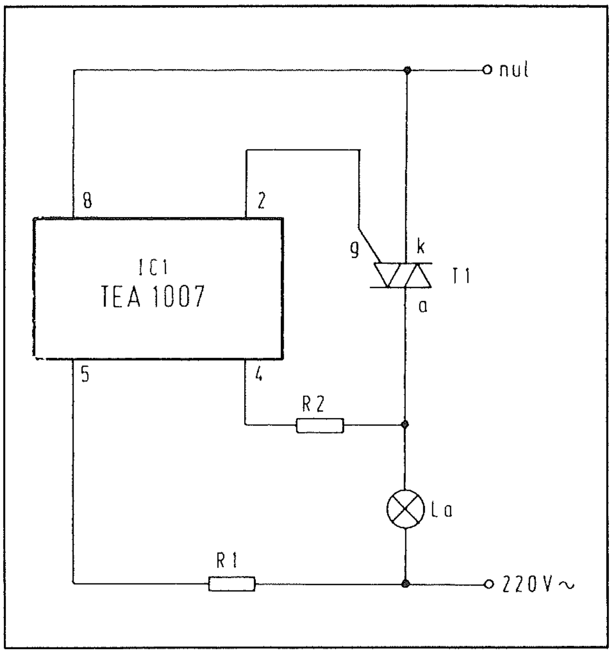
De aansluitgegevens van de TEA1007 zijn getekend in figuur 3/18.2-8. Het IC maakt uiteraard gebruik van een gelijkspanningsvoeding. Hierbij is pen 8 de massa. Pen 1 voert de negatieve voedingsspanning die maximaal -17 V mag zijn. De stroomopname van het IC is maximaal 2,5 mA. Bij dit IC wordt, naast de faseverschuiving voor het fase-aansnijden, ook gezorgd voor een kort triac stuurpuls. Immers, het eigenlijke lichtdimmen gebeurt met een triac die steeds op een bepaald moment wordt aangestuurd met een puls, waarna de triac doorslaat en pas weer spert als de netspanning nul wordt. Nu is het nadeel bij de meeste lichtdimmers dat de stuurpuls voor de triac slechts weinig stroom levert. Hierdoor wordt het toepassingsgebied van de schakeling beperkt, omdat zware triac's grote stuurstromen nodig hebben. De TEA1007 levert op punt 2 pulsen waaruit 150 mA kan worden geleverd. Dat is voldoende voor vrijwel

18.2 Praktische schakelingen

elke denkbare triac. De grote stuurstroom is mogelijk door de korte tijdsduur van een puls. Afhankelijk van de condensatorwaarde op pen 7 kan de pulsbreedte worden gekozen tussen 30 µs en 64 µs. Op pen 3 kan een potentiometer worden aangesloten, waarmee het mogelijk is de dimmerautomaat een preset te geven. Deze regeling doet eigenlijk hetzelfde als de gewone draaiknop van een lichtdimmer. Een verschil is wel dat bij de TEA1007 de regeling veel nauwkeuriger werkt dan bij de meeste in de handel zijnde dimmers.
Het IC is in principe geschikt voor ohmse en inductieve belastingen. Hiertoe heeft het IC zowel een stroom- als spanningssynchronisering. Pen 4 is bedoeld voor stroomsynchronisering en pen 5 voor de spanning. Pen 6 is de regelingang. Hierop kan een negatieve gelijkspanning worden aangesloten waarmee de dimmerwerking wordt geregeld.
Gezien de geringe stroomopname van het IC is directe voeding vanuit het lichtnet mogelijk. Figuur 3/18.2-9 geeft het IC met een netvoeding. Weerstand R3 zorgt voor voldoende spanningsverlies, zodat het IC slechts een gedeelte van de aangeboden spanning krijgt. Diode D1 zorgt voor negatieve gelijkrichting en elco C3 zorgt voor het afvlakken van de enkelfasig gelijkgerichte spanning.
Figuur 3/18.2-10 toont de eigenlijke lampsturing. Pen 2 van het IC levert de stuurpulsen direct aan de gate. Een serieweerstand is overbodig omdat deze reeds in het IC zit. De weerstanden R1 en R2 zorgen ervoor dat de wisselspanning op de juiste IC-pennen terecht komt voor stroom- en spanningsinformatie. De waarde van de beide weerstanden is zo groot dat slechts een klein gedeelte van de netspanning op de betreffende pennen komt te staan.



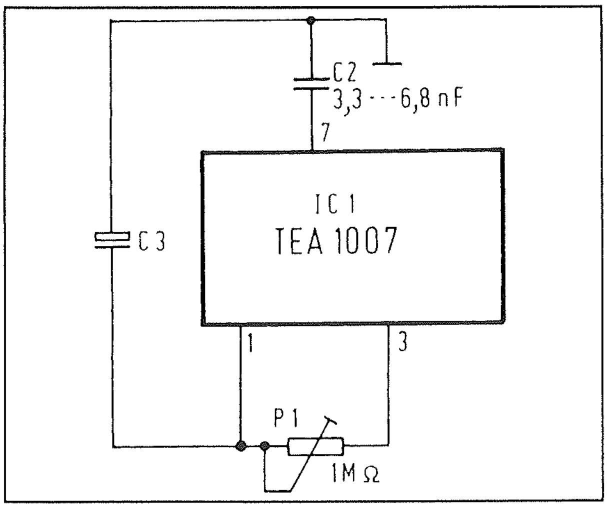
Figuur 3/18.2-9: De TEA1007 kan rechtstreeks uit het net gevoed worden.



Figuur 3/18.2-10: Het aansturen van de belasting en de sensor-ingangen voor stroom- en spanningsynchronisatie.

18.2 Praktische schakelingen

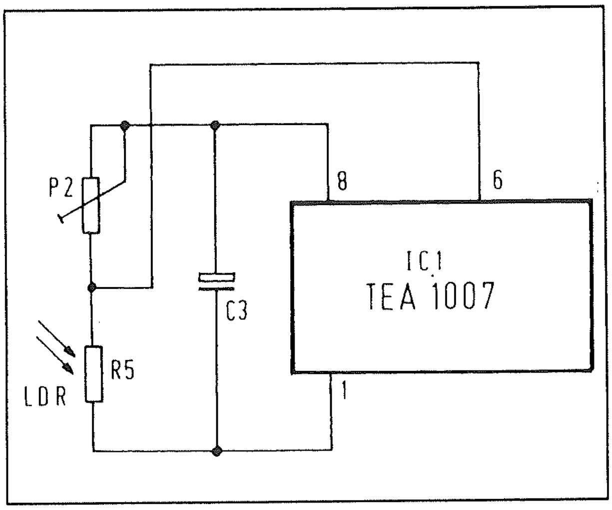
Via de weerstand R1 wordt de netspanning direct gebruikt voor spanningssynchronisatie informatie.
Als La nu een inductieve last zou zijn dan ontstond er een faseverschil tussen de stroom en de spanning. Het IC kan hieruit afleiden hoe de synchronisatie dan moet worden, mits de faseverschillen kunnen worden geconstateerd. Hiertoe is R2 in de schakeling aangebracht. In het geval van een lampenbelasting treden geen faseverschuivingen tussen stroom en spanning op, zodat via R2 en R1 dezelfde fase wordt aangeboden. In figuur 3/18.2-11 is getekend hoe de schakeling ingesteld kan worden. Met de potentiometer P1 tussen de pennen 1 en 3 kan het dimeffect volledig worden geregeld. Dit kan in combinatie met de eigenlijke automaat, maar ook geheel zelfstandig. Afhankelijk van de toepassing van de dimmerautomaat kan voor P1 een instelpotentiometer of een gewone draaipotmeter worden genomen.



Figuur 3/18.2-11: Het regelen van het vermogen met een potentiometer.

De regeling van de eigenlijke automaat vindt plaats via pen 6. Als hierop een negatieve gelijkspanning wordt aangesloten kan de dimmer volledig worden geregeld.

De schakeling die dit mogelijk maakt is getekend in figuur 3/18.2-12. Als er geen spanning op pen 6 staat, zal de dimmer maximaal licht geven. Deze werking wordt bereikt met een LDR-schakeling. Als de omgeving van LDR R5 volledig donker is zal R5 een zeer hoge weerstand hebben. De waarde van P2 is relatief zo klein dat pen 6 in dat geval vrijwel aan de nul ligt. Wordt LDR R5 volledig belicht dan is zijn weerstand erg klein ten opzichte van P2. In dat geval is pen 6 van het IC sterk negatief. De dimmerautomaat zal in dat geval geen licht meer geven.

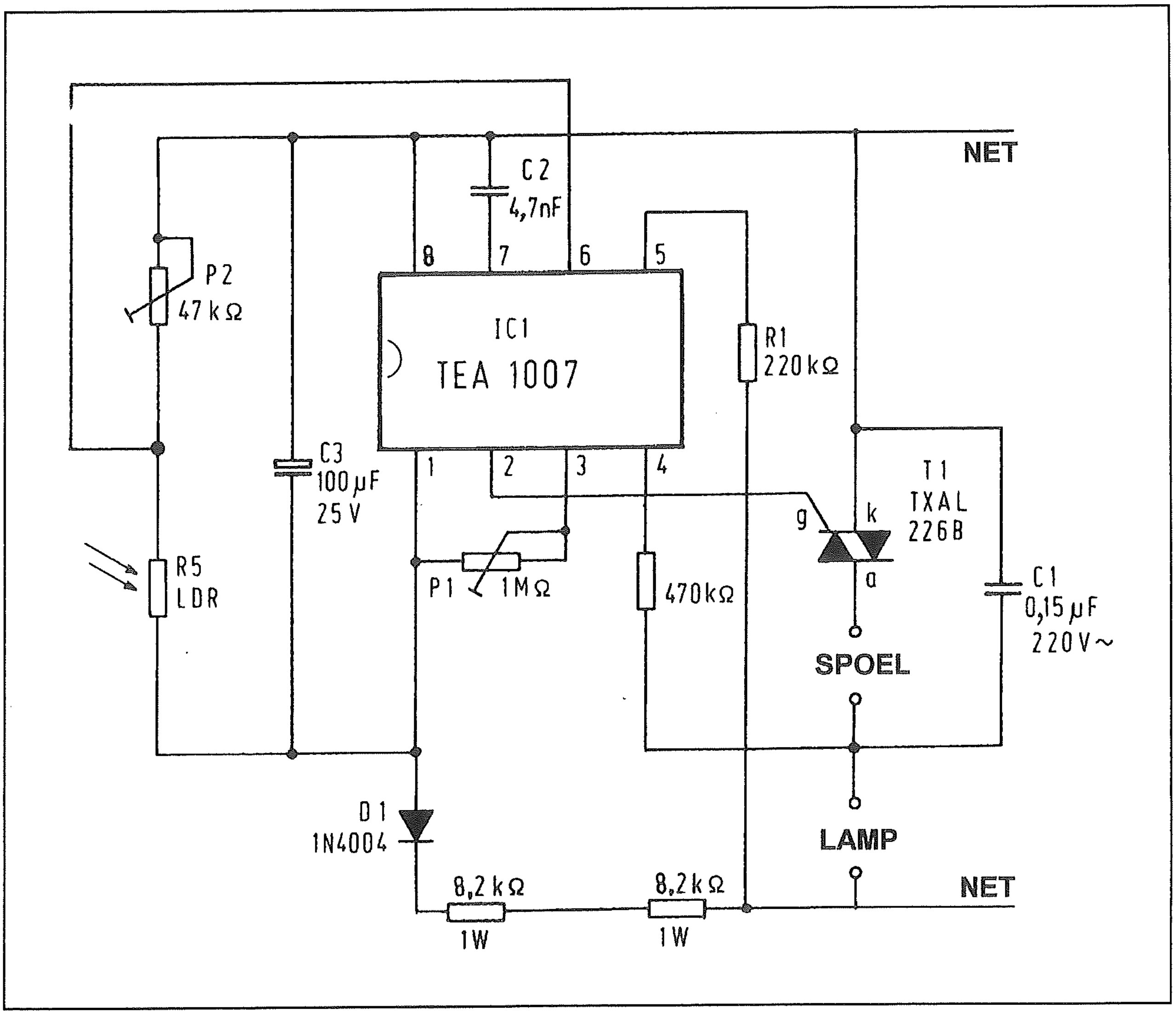


Figuur 3/18.2-12: De automatische sturing van de dimmer.

Aan de hand van de verstrekte gegevens zal het volledige schema van figuur 3/18.2-13 wel geen verrassingen meer bevatten. Belangrijk is in ieder geval dat LDR R5 geen direct licht krijgt van de lamp die door de dimmerautomaat wordt geregeld. Deze twee componenten moeten beslist een eindje van elkaar worden geplaatst! De netspanning komt in figuur 3/18.2-13 tussen de punten "NET". Via de weerstanden R3 en R4 wordt gelijkrichtdiode D1 gestuurd, terwijl C3 de via D1 gelijkgerichte spanning afvlakt.

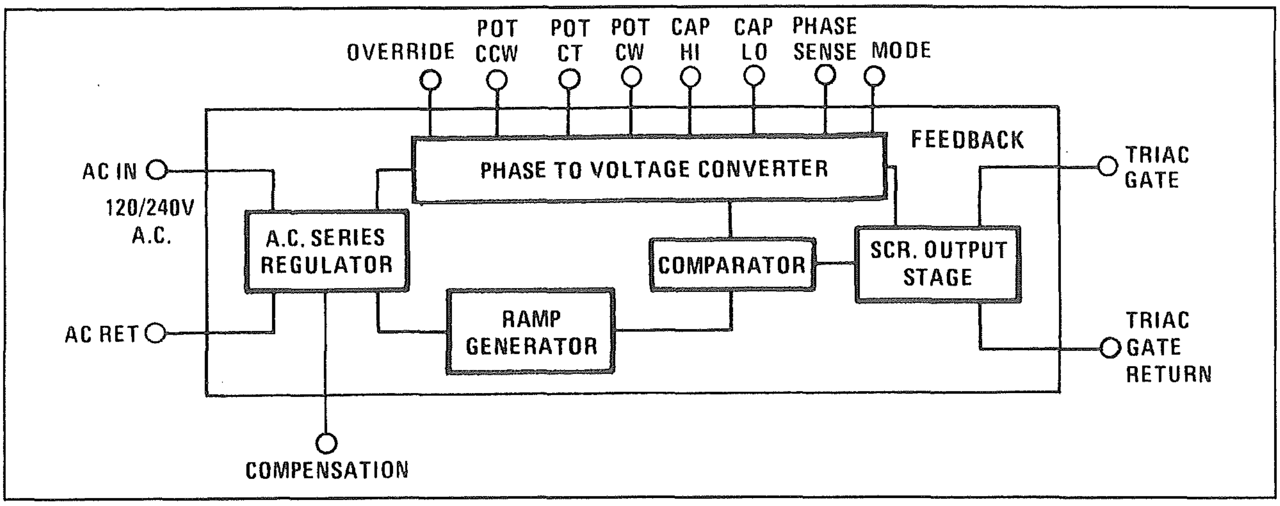
(wordt vervolgd)

18.2 Praktische schakelingen



Figuur 3/18.2-13: Een praktisch schema rond de TEA1007.

Als voorschakelweerstand zijn twee weerstanden gebruikt. De reden hiervoor is louter praktisch: een enkele weerstand van 2 W is moeilijker verkrijgbaar dan twee weerstanden van 1 W.
Tussen de twee aansluitingen "SPOEL" komt een spoel voor het ontstoren van de dimmer automaat. Omdat bij de automaat gebruik wordt gemaakt van fase-aansnijding ontstaan radiofrequenties, die tot in de TV-banden kunnen doordringen. Dit heeft tot gevolg dat de schakeling in veel gevallen een permanente stoorbron is. Om te voorkomen dat radio en/of TV worden gestoord moet een speciaal filter worden aangebracht. Hiervoor zijn verschillende oplossingen mogelijk. Het meest effectief is een filter dat bestaat uit een spoel en een condensator. C1 stelt de condensator van het filter voor.



Figuur 3/18.2-14: Intern blokschema van de HV-1000 serie.

Overige schakelingen

Inleiding

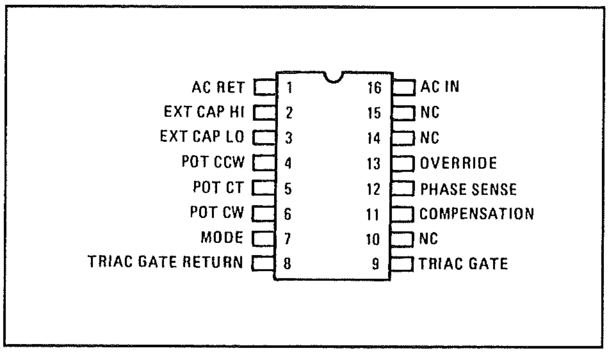
Naast de beschreven typische dimmerschakelingen leveren diverse IC-fabrikanten allerlei soorten schakelingen, die op de een of andere manier iets te maken hebben met energieregeling of -besparing. In de volgende paragraafjes worden de interessantste schakelingen besproken.

De HV-1000A serie van Harris

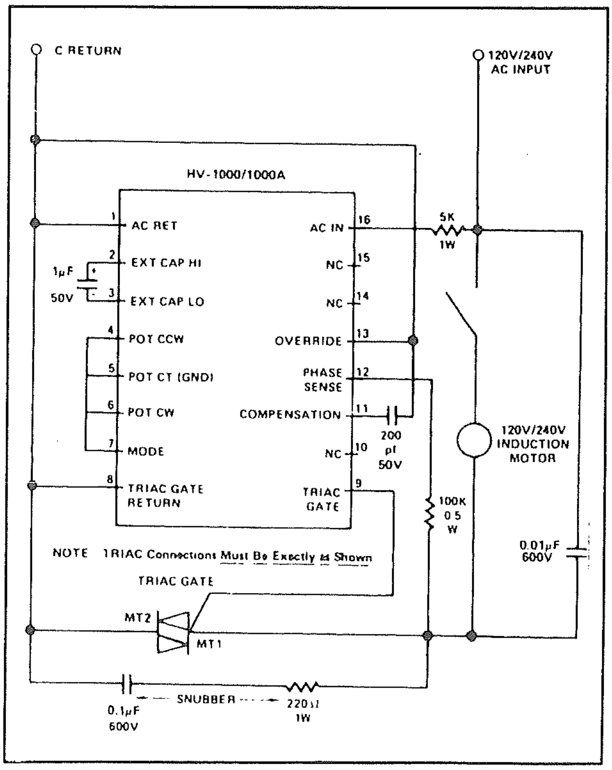
De functie van de HV-1000A serie schakelingen van Harris Semiconductors wordt beschreven als "energie bespaarder voor wisselstroom inductiemotoren". De meeste huishoudelijke apparaten zoals wasmachines en koelkasten zijn uitgerust met een wisselstroom inductiemotor. De snelheid van deze motoren wordt voornamelijk bepaald door de frequentie van de voedingsspanning en nauwelijks door de grootte van deze spanning. Dit type motoren trekt een vrijwel constante stroom, die in slechts geringe mate afhankelijk is van de mechanische belasting van de motor. Variërende belasting beïnvloedt echter de vermogensfactor van de motor, waaruit men kan afleiden dat in een niet of nauwelijks belaste motor veel vermogen verloren gaat onder de vorm van warmte (Joulse verliezen!). De HV-1000 meet de belasting van de motor door het faseverschil tussen spanning en stroom te observeren en aan de hand van dit gegeven een triac aan te sturen zodat de motor net voldoende energie toegevoerd krijgt om de belasting met een constant toerental aan te drijven. De hoeveelheid bespaarde energie is afhankelijk van het soort motor, maar kan oplopen tot 50 % in onbelaste toestand! Bij motoren met zeer wisselende belasting (boormachines bijvoorbeeld) wordt een gemiddelde energiebesparing van 10 % gemeten.
De serie bestaat uit drie identieke IC's die ieder bedoeld zijn voor het besturen van motoren met bepaalde vermogensfactoren (Pf), respectievelijk circa 0,85 Pf voor de HV-1000A, circa 0,75 Pf voor de HV-1005A en circa 0,65 Pf voor de HV-1010A. Bij het gebruik van deze schakelingen

18.2 Praktische schakelingen

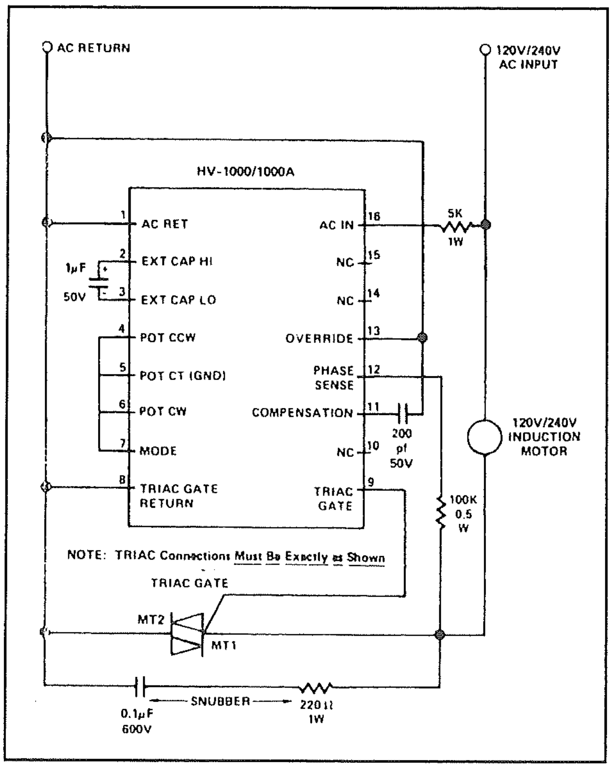
moet men letten op de A in de codering. Er bestaan namelijk ook uitvoeringen zonder deze A, maar deze zijn bedoeld voor de Amerikaanse netspanning van slechts 120 V bij 60 Hz! In figuur 3/18.2-14 is het inwendige blokschema van deze schakelingen getekend, de aansluitgegevens volgen uit figuur 3/18.2-15.



Figuur 3/18.2-15: Aansluitgegevens van de drie HV-1000 schakelingen.



Figuur 3/18.2-16: Standaard schakeling rond de IC's uit de HV-1000 serie.



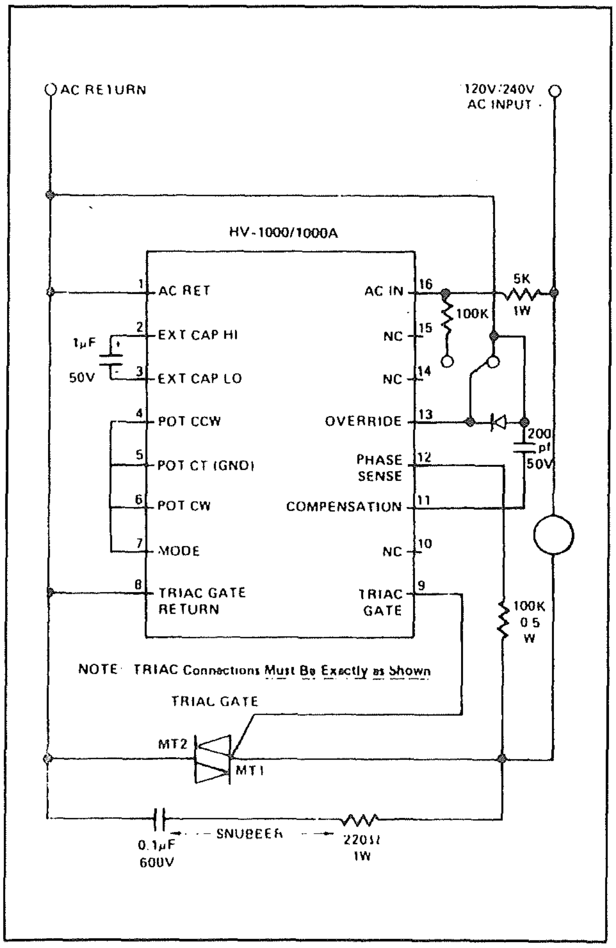
Figuur 3/18.2-17: Afregelen van de schakeling op de individuele eigenschappen van een motor.

In figuur 3/18.2-16 is het standaardschema rond deze IC's getekend. Hoewel de fabrikant aanbeveelt motor en HV-1000A rechtstreeks zonder schakelaar met de netspanning te verbinden, zal dat toch niet altijd mogelijk zijn. Uit het schema kan men afleiden hoe de aan/uit schakelaar voor de motor in de schakeling opgenomen moet worden. De waarde van de condensator tussen de pennen 2 en 3 van het IC is geschikt voor motoren met een vermogen van rond de 0,5 pk.
Voor grotere of kleinere motoren zal men de waarde van dit onderdeel experimenteel moeten aanpassen. Om ongewenste inschakelverschijnselen te vermijden moet men de condensator van 10 nF over de serieschakeling van motor en schakelaar aanbrengen. Deze condensator zorgt

ervoor dat er bij het sluiten van de schakelaar geen plotselinge faseverschillen in de schakeling optreden.
In figuur 3/18.2-17 is een uitbreiding gegeven op het basisschema waarmee het mogelijk is de werkingsgraad van de schakeling af te regelen op de individuele karakteristieken van de motor. Door het aanbrengen van een potentiometer kan men het moment waarop de schakeling ingrijpt in de motorbesturing instellen.
Tot slot toont figuur 3/18.2-18 een uitbreiding waarmee men door middel van een omschakelaar de invloed van de HV-1000 op de motor kan uitschakelen.

De U221B van Telefunken

De U221B van Telefunken heeft weliswaar niets te maken met energieregeling, maar des te meer met energiebesparing. De U221B is namelijk een elektronische trappenhuisverlichting met sensoringang. Het IC zit in een DIL-8 behuizing en de aansluitgegevens, het intern blokschema en de externe schakeling kunnen afgeleid worden uit figuur 3/18.2-19.
De sensor kan een klein metalen plaatje zijn dat met een afgeschermde draad met de schakeling wordt verbonden. Hoewel de schakeling rechtstreeks uit het 230 V net wordt gevoed is die sensoringang niet bezwaarlijk, omdat deze via een zeer hoge weerstand (R5 + R6) met de schakeling wordt verbonden. De gevoeligheid van de sensor bedraagt 1 μA en uit dit gegeven kan men de waarde van de voorschakelweerstanden berekenen. De schakeling trekt een gemiddelde stroom uit de voeding van slechts 200 μA en uit dit gegeven kan men de weerstand R1 berekenen die de netspanning reduceert tot de voedingsspanning van 10 V. De uitgang op pen 5 levert korte stroompulsjes aan de gate van de triac van maximaal 25 mA. De schakeling bezit twee RC-netwerken waarmee men de helderheid van de lampen (R3/C3) en de brandduur (R2/C2) kan instellen.

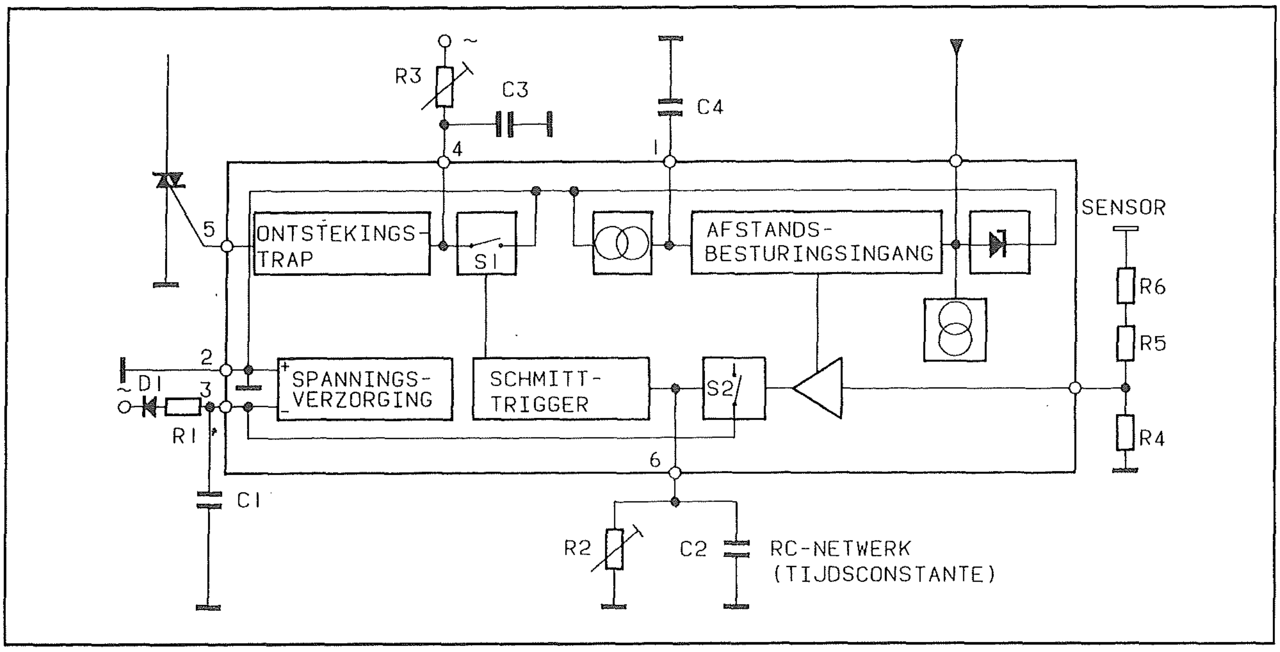


Figuur 3/18.2-18: Het aanbrengen van een omschakelaar overbrugt de werking van de HV-1000.

UAA1004-DP van Motorola

De UAA1004-DP, een DIL-8 IC van Motorola, is bedoeld voor het regelen van verwarmingselementen. Motoren kunnen er dus niet mee gestuurd worden! Dat komt doordat dit IC volgens het nuldoorgangsprincipe werkt.

18.2 Praktische schakelingen

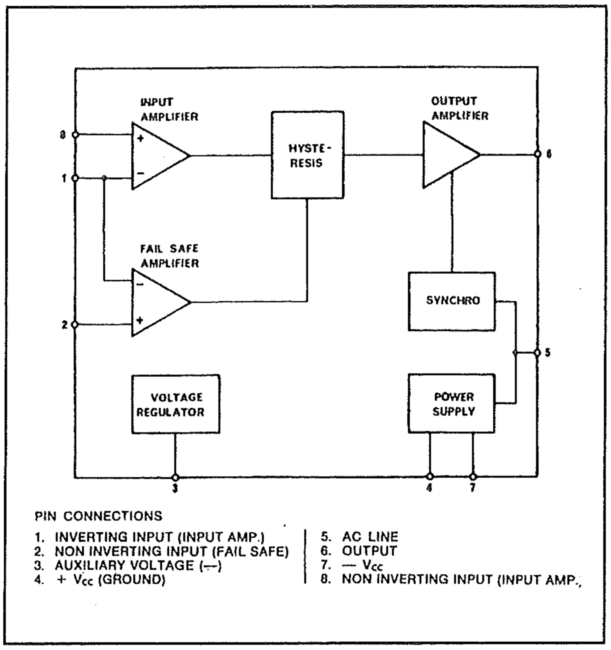


Figuur 3/18.2-19: De gegevens van de U221B.

De schakeling stuurt pulsjes rond de nuldoorgang van de sinus naar de gate van de triac zolang de spanning op de ene ingang van de ingangsversterker groter is dan de spanning op de andere ingang van deze versterker. In het andere geval worden er geen ontsteekpulsjes opgewekt.
Het verwarmingselement wordt dus of volledig aangestuurd, of volledig uitgeschakeld. Het voordeel van een dergelijke elektronische regeling is dat de schakeling ervoor zorgt dat de triac altijd bij het begin van een halve periode van de wisselspanning wordt in- of uitgeschakeld, zodat er geen plotselinge stroompieken ontstaan en de schakeling het net niet verontreinigt met hoogfrequente stoorsignalen.
Nadeel van dit systeem is dat de temperatuur van het te verwarmen object rond de ingestelde waarde gaat schommelen. Het verwarmingselement heeft, doordat het op vol vermogen wordt gestuurd, immers een thermische reserve en op het moment dat de sensor de gewenste temperatuur meet en het IC de triac uitschakelt zal er toch nog extra energie van het element naar het te verwarmen object stromen. De temperatuur slaat dus iets door, een effect dat ook bekend is van de bekende eenvoudige kamerthermostaat die de meeste centrale verwarmingen regelt.
Het intern blokschema en de aansluitcodering van de UAA1004-DP staan in figuur 3/18.2-20. De schakeling wordt gevoed tussen de pennen 4 en 7 met een gelijkspanning die maximaal 20 V kan bedragen. De interne spanningsstabilisator levert op pen 3 een referentiespanning van ongeveer 7,7 V over een impedantie van 10 Ω.
Uit deze spanning kunnen de temperatuursensor en de instelpotentiometer gevoed worden.
De schakeling heeft een "fail safe" functie op pen 2. Deze zorgt ervoor dat de triac onmiddellijk wordt uitgeschakeld als om de een of andere reden het ingangscircuit (sensor en instelpotentiometer) defect zou raken. Op deze manier wordt voorkomen dat het verwarmingselement over-

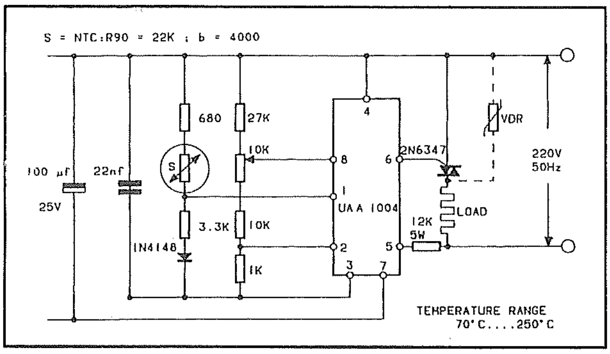
18.2 Praktische schakelingen

verhit raakt. De uitgang op pen 5 levert pulsjes van ongeveer 100 µs breedte aan de gate van de triac met een stroomcapaciteit van 80 mA.

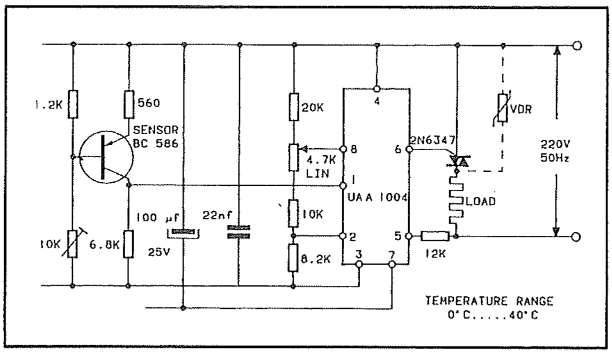


Figuur 3/18.2-20: Intern blokschema van de UAA1004-DP.

Figuur 3/18.2-21 toont een schakeling die bijvoorbeeld ingebouwd kan worden in een strijkijzer. De temperatuur wordt gemeten met een NTC en kan met de potentiometer ingesteld worden tussen 70 °C en 230 °C. Uiteraard moet de NTC wel tegen dit temperatuurbereik bestand zijn! Enig bezwaar van deze schakeling is dat de voorschakelweerstand tussen net en voeding een vermogen van 5 W moet hebben. In figuur 3/18.2-22 wordt een praktische schakeling rond dit IC getekend, waarmee men een verwarmingsplaatje voor het warm houden van eten of fotobaden kan maken. De temperatuur van het plaatje kan nu worden gemeten met een normale silicium transistor. Met behulp van de potentiometer kan men de temperatuur van het plaatje instellen tussen 0 °C en 40 °C.



Figuur 3/18.2-21: Het regelen van de temperatuur van een strijkijzer.

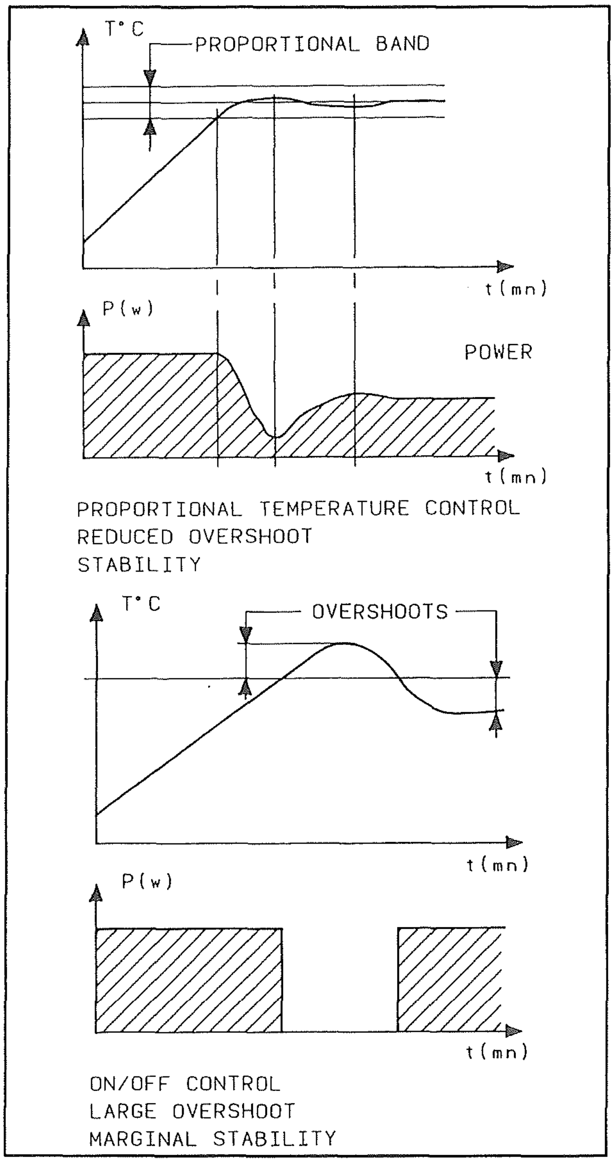


Figuur 3/18.2-22: Een elektronisch geregeld verwarmingsplaatje.

De UAA1016B van Motorola

De UAA1016B van Motorola is bedoeld voor het regelen van de temperatuur van een verwarmingselement. Deze schakeling werkt volgens het pakket-principe. Dat is een verbeterde versie van de eenvoudige aan/uit besturing van de UAA1004. De schakeling wekt nog steeds alleen maar pulsjes op bij de nuldoorgang van de sinus, maar de hoeveelheid pulsjes is nu afhankelijk van het verschil tussen de spanning die door de temperatuursensor wordt geleverd en de spanning van de potentiometer waarmee men de gewenste temperatuur instelt.

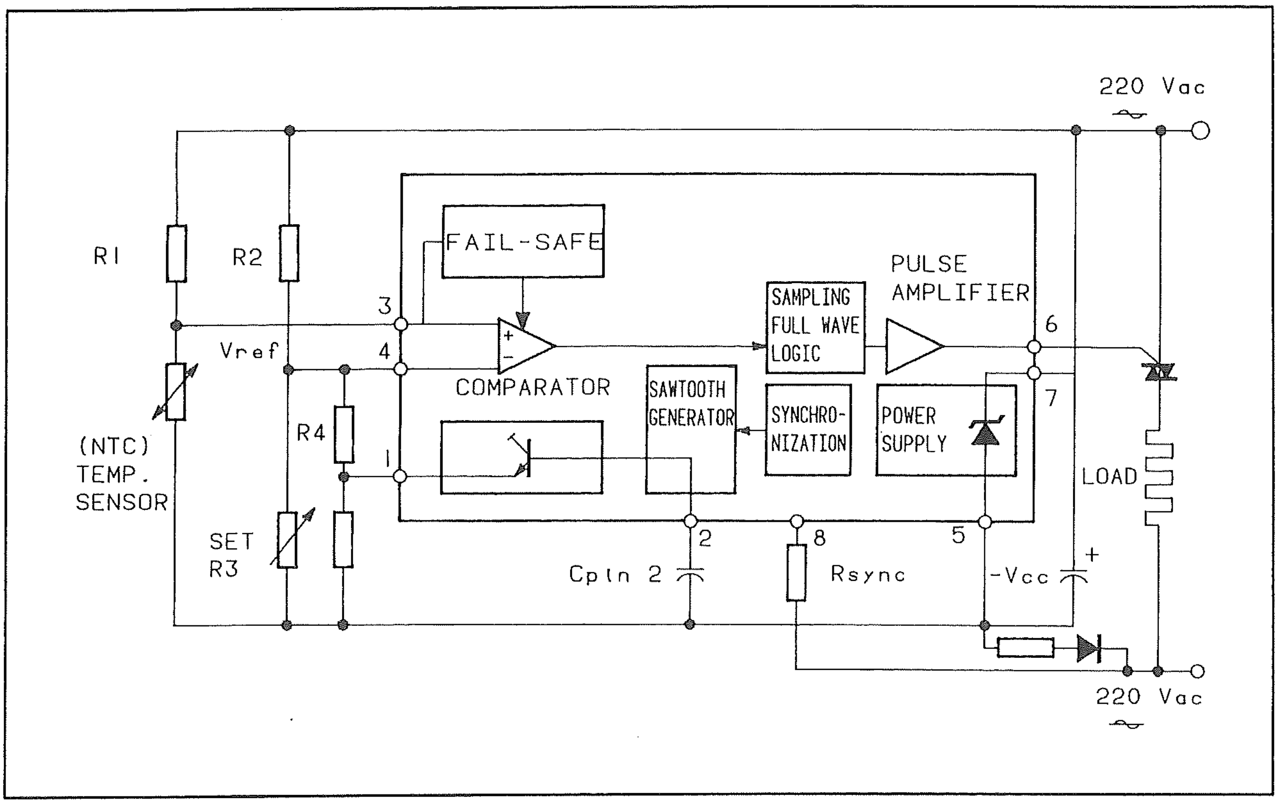
18.2 Praktische schakelingen



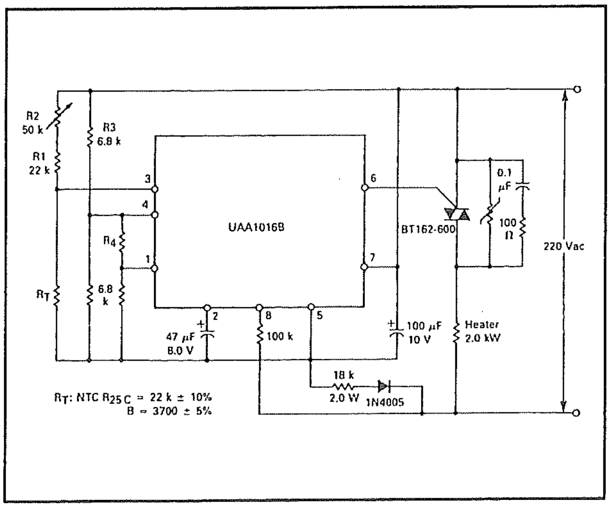
Figuur 3/18.2-23: Werkingsverschil tussen een pakket-regeling (boven) en een aan/uit-regeling (onder).

Is dit spanningsverschil groot dan levert de schakeling continu pulsjes aan de gate van de triac. Het verwarmingselement wordt dus continu gestuurd en wordt flink heet. Als de temperatuur de gewenste waarde benadert zal de schakeling niet continu pulsjes naar de gate sturen, maar intermitterend. Op deze manier wordt het vermogen in het verwarmingselement gereduceerd, waardoor de temperatuur in de ruimte minder snel gaat stijgen en de gewenste waarde langzamer wordt benaderd. Het gevolg is dat de temperatuur nu veel minder over de gewenste waarde heen schiet en er dus een fijnere regeling wordt verkregen. In de grafieken van figuur 3/18.2-23 wordt deze pakketregeling (boven) vergeleken met de eenvoudige aan/uit-regeling (onder). In de regeltechniek wordt een dergelijke regeling een proportionele regeling genoemd omdat de mate waarin het verwarmingselement wordt gestuurd proportioneel of recht evenredig is met het verschil tussen de gewenste en de reële temperatuur. Het intern blokschema en de aansluitgegevens van de UAA1016B zijn getekend in figuur 3/18.2-24. De interne voeding is gestabiliseerd op 8,6 V en verbruikt 1,5 mA uit het net. De uitgang levert pulsjes van ongeveer 100 µs met een maximale stroomcapaciteit van 100 mA. Een regelcyclus bedraagt 0,85 seconde. Deze tijd wordt bepaald door de waarde van de condensator op pen 2. Over deze condensator ontstaat een trage zaagtandspanning die via weerstand R4 bij de instelspanning van de comparator wordt gemengd. Op deze manier zal de spanning die door de sensor wordt geleverd niet alleen vergeleken worden met de constante spanning die door de instelpotentiometer wordt geleverd en dit feit veroorzaakt de pakket-werking van de regeling. Als er namelijk een groot verschil is tussen de spanning die de sensor levert en de spanning die door de potentiometer wordt geleverd (groot verschil tussen gewenste temperatuur en reële temperatuur) dan heeft de kleine bijgemengde zaagtandspanning geen enkele invloed op de regeling.

18.2 Praktische schakelingen



Figuur 3/18.2-24: Intern blokschema en aansluitgegevens van de UAA1016B.



Figuur 3/18.2-25: Het regelen van een verwarmingselement met een UAA1016B.

De triac wordt continu gestuurd. Stijgt de sensorspanning doordat de ruimte opwarmt, dan zal op een bepaald moment de zaagtand wel invloed krijgen op de comparator, zodat deze schakeling voor een deel van de 0,85 seconde durende cyclus afslaat. De burst-regeling komt in actie!

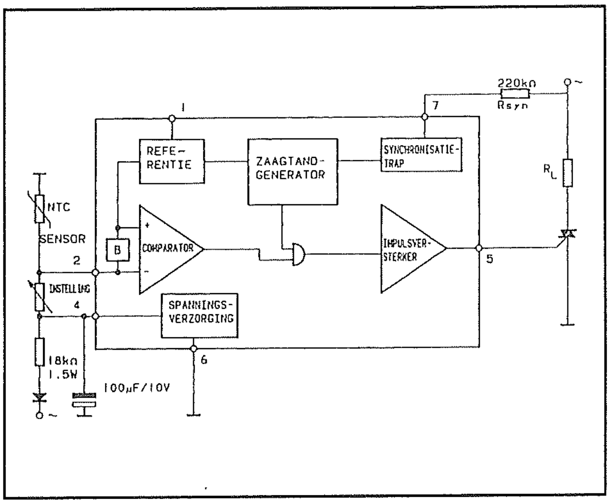
In figuur 3/18.2-25 is een praktische schakeling rond de UAA1016B getekend. Met deze schakeling kan een elektrisch verwarmingselement met een vermogen van 2 kW gestuurd worden. Bij een ingestelde temperatuur van 25 °C bedraagt de temperatuurdoorslag slechts 1 °C.

De TEA1024 van Telefunken

Een zeer interessant IC is de TEA1024, niet alleen vanwege de kleine afmetingen (DIL-8), maar ook omdat er maar vijf externe componenten noodzakelijk zijn. Uit het toepassingsschema van figuur 3/18.2-26 kunnen alle noodzakelijke gegevens voor het gebruik van deze schake-

18.2 Praktische schakelingen

ling afgeleid worden. Dit IC is een nuldoorgangsschakelaar voor thermische belastingen, zodat het regelen van verwarmingselementen tot zijn taak hoort.

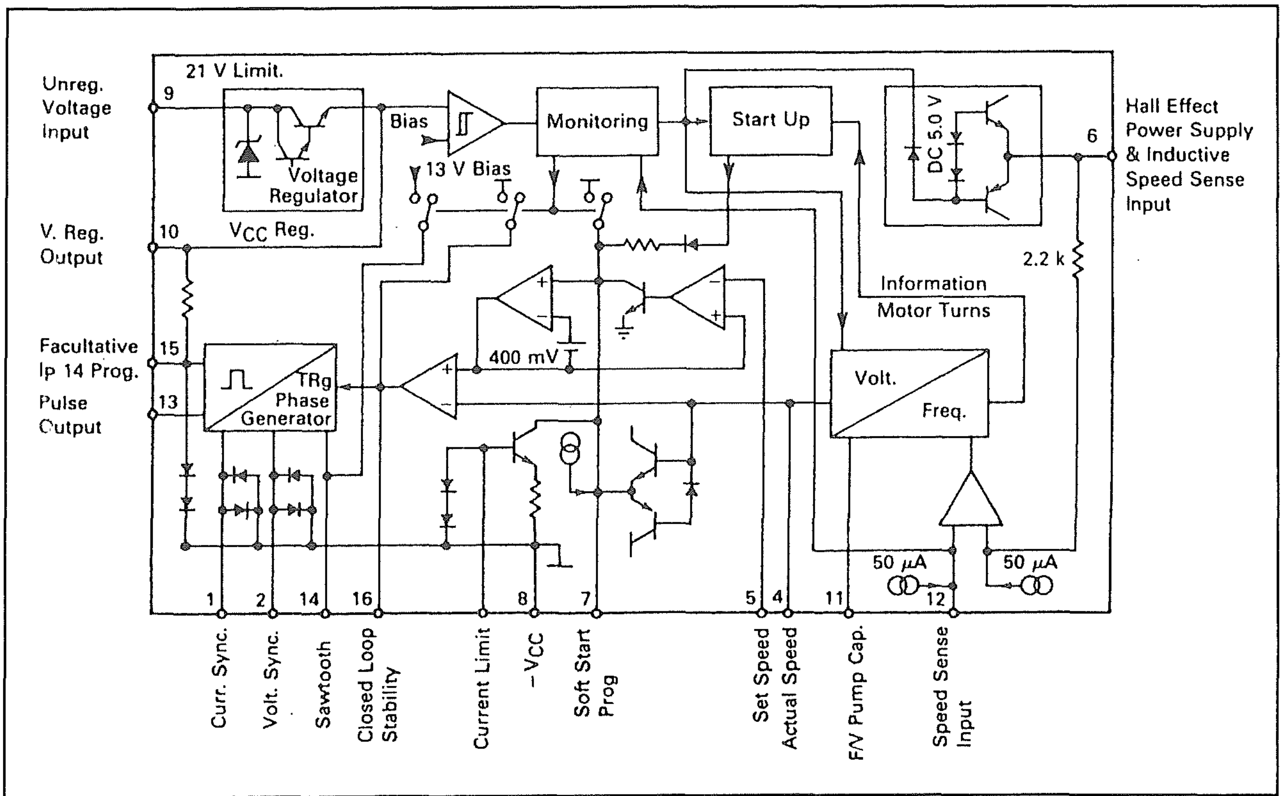


Figuur 3/18.2-26: Alle noodzakelijke gegevens over de TEA1024.

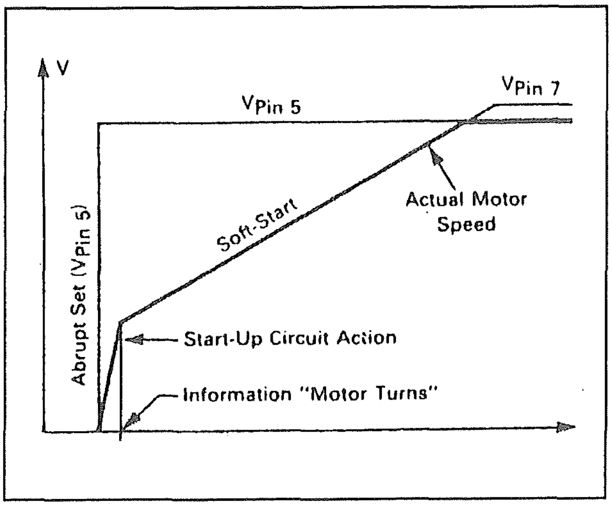
Het maximale vermogen wordt uiteraard niet door het IC bepaald, maar door de karakteristieken van de externe triac. Het getekende schema geeft een zeer eenvoudige thermostatische regeling van een verwarmingselement, waarbij de ruimtetemperatuur wordt opgemeten met een NTC en een potentiometer de gewenste temperatuur instelt.
De schakeling verbruikt een gemiddelde stroom van slechts 1,8 mA, vandaar dat de voorschakelweerstand tussen de 230 V van het net en de voedingsaansluiting op pen 4 maar een vermogen van 1,5 W moet hebben. De op deze manier fors gereduceerde netspanning wordt vervolgens afgevlakt met behulp van een elco van 100 µF. De uitgang van het IC op pen 5 levert gatepulsjes voor de triac met een stroomcapaciteit van maximaal 100 mA.

De TDA1285A van Motorola
De TDA1285A van Motorola werkt volgens het principe van de fase-aansnij besturing en is dus uitermate geschikt voor het regelen van het toerental (en het vermogen) van motoren. Dat het interne blokschema van figuur 3/18.2-27 veel ingewikkelder is dan het principiële blokschema dat in hoofdstuk 3/18.1 werd beschreven heeft te maken met het feit dat de schakeling veel extra's en verfijningen bevat. Zo zal de schakeling onderzoeken of de triac na het ontvangen van een gatepuls inderdaad ontsteekt. Is dat niet het geval, bijvoorbeeld doordat de motor een grote tegenspanning over de triac veroorzaakt, dan detecteert de schakeling dat verschijnsel en wekt een tweede ontsteekpuls op.
Vervolgens wordt de maximale stroom door de motor op een veilige waarde begrensd, zodat de spoelen in de motor niet kunnen doorbranden als het apparaat om wat voor reden dan ook zou vastlopen.
Het IC bezit een "soft-start" faciliteit op pen 7, waarmee het mogelijk is het toerental van de motor bij verbinden met het net langzaam te laten stijgen tot de gewenste waarde. Hoe dat gaat is getekend in figuur 3/18.2-28. Tot slot bevat dit IC schakelingen waarop men rechtstreeks magnetische Hall-sensoren kan aansluiten als men het toerental van de motor door middel van een terugkoppellus wil stabiliseren op een ingestelde waarde. Het IC wordt rechtstreeks uit het net gevoed via de onontbeerlijke voorschakelweerstand op pen 9 en levert een gestabiliseerde spanning van 20,5 V.
De voedingsstroom bedraagt 7 mA. Op pen 5 kan een gelijkspanning tussen 0 V en 12 V worden aangesloten waarmee men de snelheid van de motor kan instellen.

18.2 Praktische schakelingen



Figuur 3/18.2-27: Intern blokschema en aansluitgegevens van de TDA1285A.



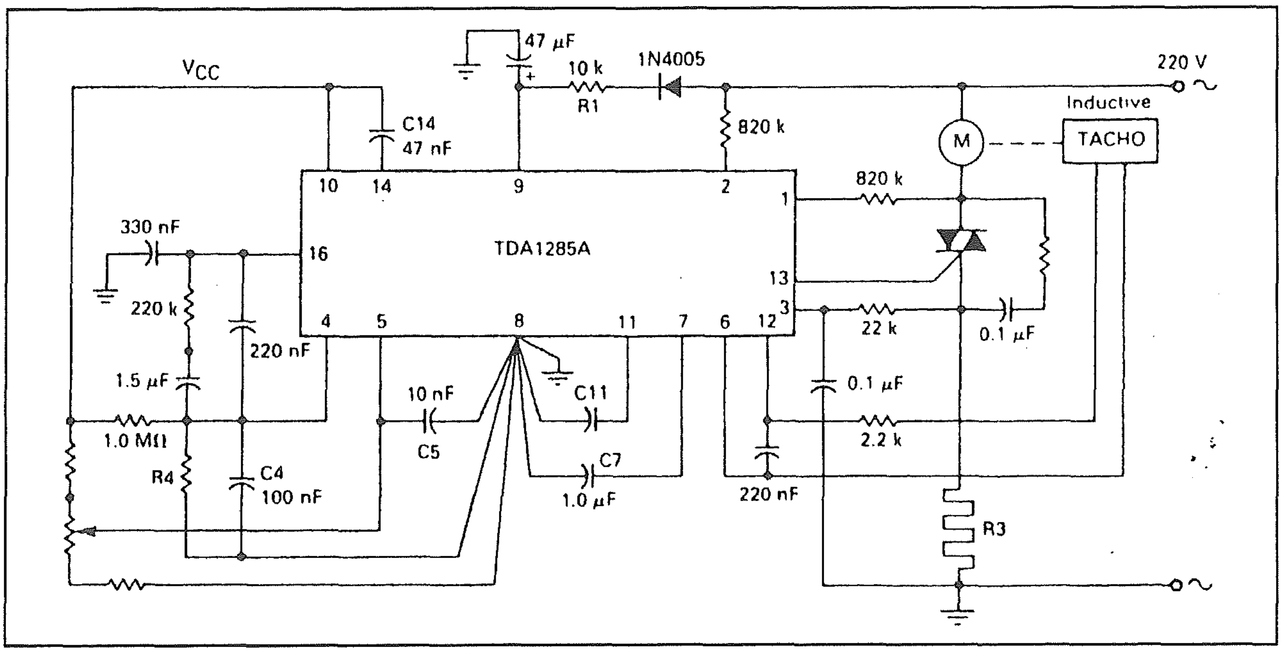
Figuur 3/18.2-28: De werking van het "soft-start"-principe.

De uitgang op pen 13 levert 100 μs brede ontsteekpulsen voor de triac, waarvan de maximale stroomcapaciteit 70 mA bedraagt.

In figuur 3/18.2-29 een voorbeeldschakeling rond de TDA1285A getekend, waarbij de snelheid van een motor wordt gestabiliseerd. Met de potentiometer die op pen 5 is aangesloten wordt de gewenste snelheid ingesteld. De snelheidsterugkoppeling ontstaat door het koppelen van een tachometer-generator aan de as van de motor.

Deze generator levert een spanning af die recht evenredig is met de snelheid van de generator en dus van de motor. Deze terugkoppelspanning wordt aangeboden tussen de pennen 6 en 12. De schakeling stabiliseert het toerental van de motor binnen 1 % tussen nul- en vollast. De regeling van de schakeling kan uitgeschakeld worden door tussen de pennen 6 en 12 een vaste weerstand van 47 kΩ op te nemen.

18.2 Praktische schakelingen



Figuur 3/18.2-29: Het regelen van het toerental van een wisselstroom motor.

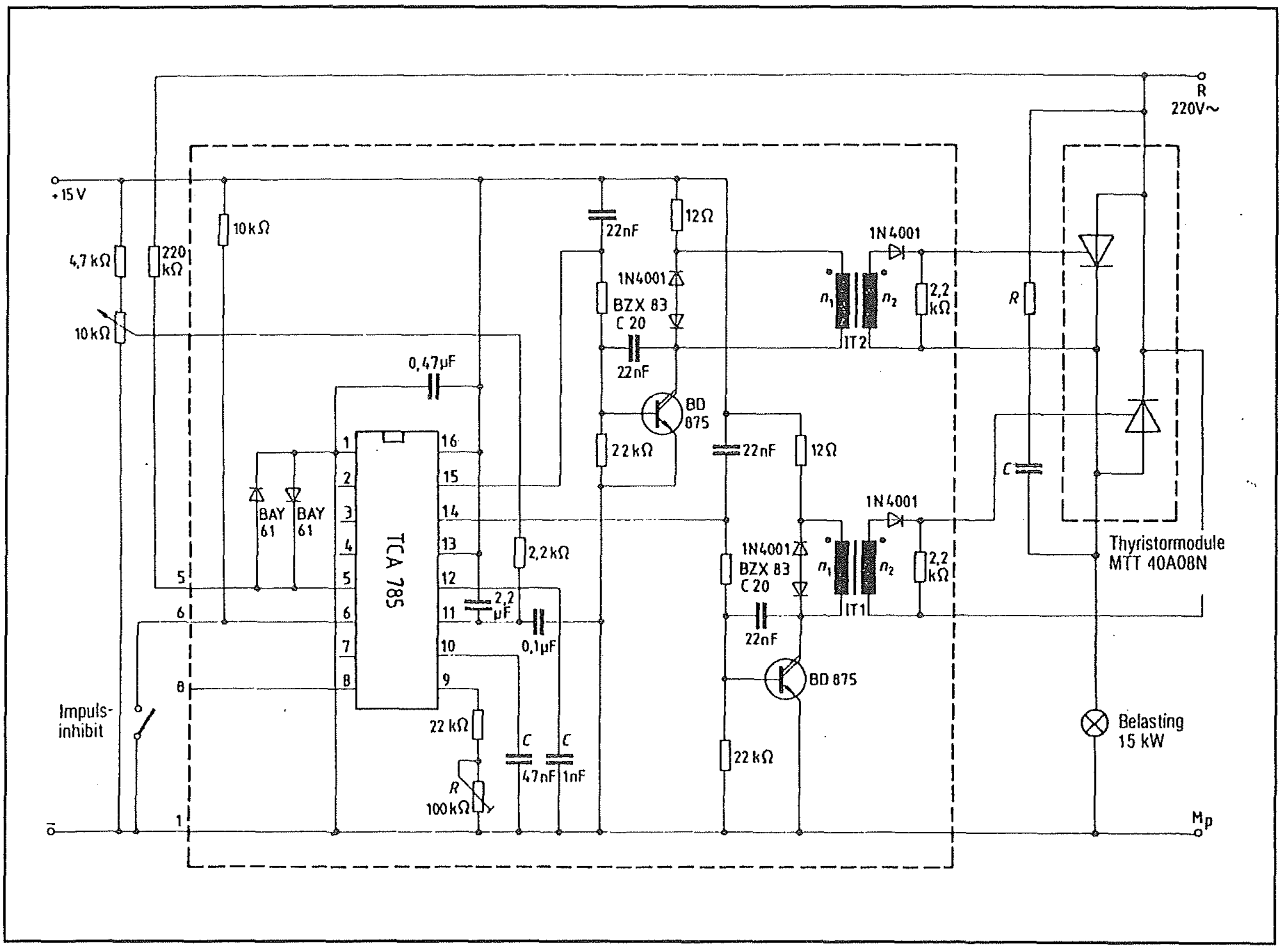
De motor wordt dan als het ware rechtstreeks met het net verbonden en gaat op volle snelheid draaien.

De TCA785 in zwaar vermogen regelingen

De al eerder besproken TCA785 van Siemens kan ook voor het zwaardere werk worden ingezet. Dit IC heeft namelijk als extra een groot aantal uitgangen waarop allemaal verschillende, maar wel onderling gesynchroniseerde pulsen verschijnen. Dankzij deze uitgangen is het bijvoorbeeld mogelijk twee anti-parallel geschakelde thyristoren aan te sturen. Een oplossing die bij het regelen van zeer grote vermogens nog vaak wordt geprefereerd boven het gebruik van een zware triac en dit voornamelijk uit kostenoverwegingen. In figuur 3/18.2-30 is een voorbeeldschakeling gegeven van een schakeling waarbij gebruik wordt gemaakt van twee anti-parallel geschakelde thyristoren in plaats van een triac. Deze schakeling is in staat 15.000 W (!) aan lichtvermogen te regelen en zou dus van groot nut kunnen zijn in schouwburgen, waar men vaak met dergelijke grote lichtvermogens te maken heeft.

Door gebruik te maken van twee impulstransformatoren voor het sturen van de gates is een zo goed als galvanische scheiding gerealiseerd tussen de vermogenselektronica en de besturingselektronica. De enige koppeling bestaat immers uit de weerstand van 220 kΩ die noodzakelijk is voor het synchroniseren van de zaagtand met de nuldoorgang van het net.

18.2 Praktische schakelingen



Figuur 3/18.2-30: De TCA785 kan ook het zwaardere werk aan: in dit schema wordt dit IC gebruikt voor het regelen van niet minder dan 15 kW vermogen.

3/18.3
Principes van UPS

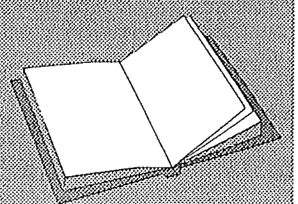
Inleiding

Als het kalf verdronken is...
Met UPS's is het net zoals met het beroemde kalf: zo'n apparaat wordt knarsetandend in huis gehaald als het onvoorstelbare is gebeurd. Dat onvoorstelbare in een geordend land als Nederland is dat opeens de 230 V netspanning wegvalt en dat de PC, de huisautomatisering, de verwarming en het multimedia-centrum plat gaan. Toch gebeurt dit vaker dan wordt vermoed. Meestal is het niet eens de schuld van het plaatselijk energiebedrijf, maar van de een of andere machinist van een graafmachine, die met een enorme hap van zijn grijper niet alleen vruchtbare aarde, maar ook koperen kabel opdelft.

...dan zijn de gevolgen desastreus!
Een netspanningsuitval komt natuurlijk altijd onverwacht en kan in de moderne volledig vercomputeriseerde wereld en huis desastreuze gevolgen hebben. Maar eerst even een sprookje uit de wereld helpen: UPS-apparatuur biedt géén bescherming tegen verloren arbeidsuren. Zelfs met dergelijke apparatuur zal de PC onverbiddelijk plat komen te liggen. Maar er is plat liggen en plat liggen. Zonder beveiliging tegen netuitval raken bestanden beschadigd, gaan uren aan onopgeslagen werk verloren en kan er van alles en nog wat met het netwerk gebeuren. Mét UPS-beveiliging gaat een bedrijf geordend en systematisch plat. Geopende bestanden kunnen worden gesloten, niet opgeslagen werk kan worden gesaved en het netwerk kan volgens de regels van de kunst worden afgesloten.

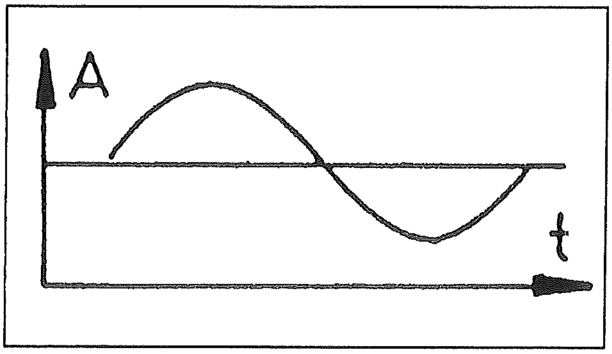
Orde absoluut noodzakelijk
Beveiligen met UPS heeft géén zin als de organisatie er niet op is voorbereid. In ieder bedrijf, hoe klein ook, moet minstens één medewerker/ster worden aangewezen die verantwoordelijk is voor de goede gang van zaken bij een netuitval en die een lijstje heeft opgesteld met zaken die moeten gebeuren. Het heeft geen zin dat iedereen in paniek raakt als de zoemertjes van de UPS-apparatuur gaan loeien!

LEES OOK:
Geen verwijzingen



18.3 Principes van UPS

De spanning uit het stopcontact
UPS-apparatuur wordt vaak alleen gezien als oplossing tegen netuitval. Niets is echter minder waar! Een groot probleem is de kwaliteit van de tegenwoordige netspanning. Die netspanning zou een mooie sinusvormige spanning moeten zijn met een frequentie van 50 Hz, iets zoals geschetst in figuur 3/18.3-1.



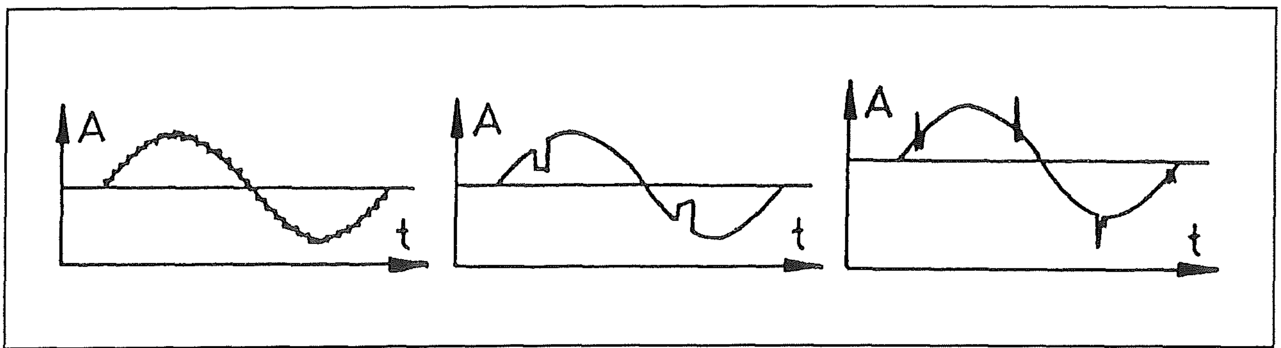
Figuur 3/18.3-1: Zo zou de 230 V netspanning er moeten uitzien: een mooie, gladde sinuscurve, die volledig wiskundig te beschrijven is.

Over de frequentie valt weinig te mopperen, dat zit wel goed zelfs op Europese schaal. Heel anders ligt het met de vorm van de netspanning. Die is tegenwoordig nogal verontreinigd met allerlei stoorsignalen. Dat geldt zeker als het kantoor is ondergebracht in een van die spiksplinternieuwe gebouwen, op wat vroeger industrieterreinen waren maar in de newspeak van tegenwoordig opeens kantoorparken of bedrijvenresidenties heten. Als zo'n park alleen maar dienstverlenende bedrijven onderdak geeft is er geen probleem. Maar als er ook industrie zit, met de daarbij horende piekbelastingen van het net met allerlei zware machines, dan is het treurig gesteld met de kwaliteit van de netspanning. Allerlei onverklaarbare problemen met crashende PC's, storingen in het netwerk en printers die Chinees gaan printen zouden wel eens terug te voeren zijn tot stoorsignalen op het net. Nu zijn dat soort vermoedens heel moeilijk hard te maken, omdat die stoorsignalen uiteraard niet continu op het net zitten. Vaak grijpt men dan uit absolute ellende naar UPS-apparatuur en blijken alle problemen verholpen!

Een bekend probleem
Het probleem van storingen op het net is op dit moment zo groot, dat de internationale vakwereld dit probleem onderkend heeft en er internationale en Europese richtlijnen zijn opgesteld, waaraan alle apparatuur moet voldoen. Deze richtlijnen worden samengevat met het letterwoord "EMC", oftewel "ElektroMagnetische Compatibiliteit". Deze normen geven richtlijnen waaraan apparatuur moet voldoen om in een bepaalde elektromagnetische omgeving storingsvrij te kunnen werken, maar bovendien zonder deze omgeving en de daarin aanwezige apparatuur op onacceptabele manier te verstoren. EMC werkt dus in twee richtingen:
- enerzijds het voorkomen van storingen;
- anderzijds het onderdrukken van eventueel toch aanwezige storingen.

Rond het begrip "EMC" heeft zich een geheel nieuwe industrie ontwikkeld, waarin zich tal van adviesbureaus bewegen die meestal voor veel geld bereid zijn oplossingen aan te bieden voor problemen die veroorzaakt worden door storingen. De materie is immers zeer ingewikkeld en vereist een grondige studie. Veel in de praktijk voorkomende problemen kunnen echter met wat moeite zélf opgelost worden door het aanschaffen van een veel goedkopere UPS.

18.3 Principes van UPS



Figuur 3/18.3-2: Zo ziet de netspanning er vaak in de praktijk uit: de mooie sinuscurve is verontreinigd met allerlei stoorpulsen, die PC's en randapparatuur volledig van slag kunnen brengen.

Soorten storing

Storende apparatuur kan grofweg in vijf groepen ingedeeld worden.

- Fase aansnij apparatuur met thyristoren en triac's, bijvoorbeeld lichtdimmers en elektronische motor- en verwarmingsregelingen.
- Gelijkrichters voor grote vermogens, waarbij de uitgangsspanning geregeld wordt met behulp van thyristoren.
- Hoogfrequent generatoren met snelle vermogenstransistoren, zoals bijvoorbeeld ultrasone generatoren in de industrie.
- Gestabiliseerde voedingen die werken volgens het principe van de geschakelde regeling.
- Schakelingen die motoren bevatten, die op willekeurige momenten worden in- en uitgeschakeld.

De vermogenselektronica die in dergelijke schakelingen en apparaten wordt gebruikt, veroorzaakt steeds stoorspanningen op het wisselspanningsnet. In figuur 3/18.3-2 zijn een paar veel voorkomende storingen op de netspanning voorgesteld. Deze stoorspanningen uiten zich onder de vorm van hoogfrequente signalen, die soms frequenties hebben tot rond de 20 MHz! De amplitude van deze signalen ligt soms een factor 1.000 hoger dan de officieel toegelaten waarden. Voornamelijk het frequentiegebied tussen 150 kHz en 20 MHz is zeer kritisch. Netleidingen gedragen zich voor deze frequenties als ideale draad-antennes, die een behoorlijk groot elektromagnetisch veld met de genoemde frequenties in de ruimte uitstralen. Deze elektromagnetische stralingen kunnen door andere signaalvoerende geleiders zoals netwerkkabels worden opgepikt en kunnen zich optellen bij de signalen die over deze aders worden getransporteerd. Het gevolg kan een ongewenste signaalmenging zijn, waardoor som- en verschilfrequenties ontstaan die de goede werking van de apparatuur kunnen verstoren.

De kwalijke effecten van deze storingsbronnen kunnen in de meeste gevallen met een betrouwbaar UPS-apparaat werkende volgens het on- line principe (lees verder) afdoende worden onderdrukt.

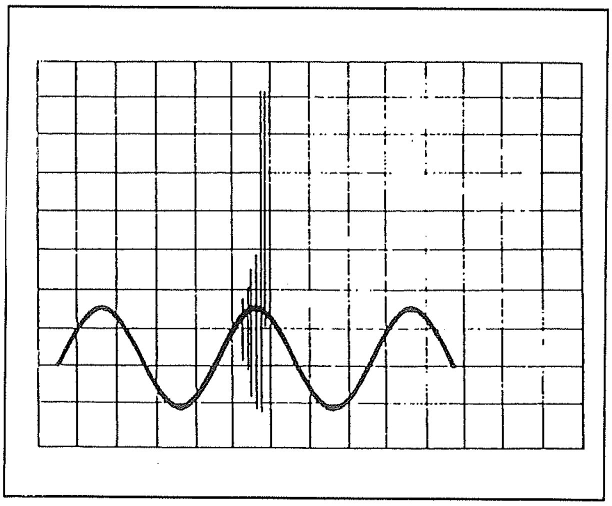
Ook de bliksem is gevaarlijk

Het is weliswaar geen dagelijks nieuws in de kranten, maar af en toe verschijnt er toch een sappig artikeltje in een lokale krant, waarin gemeld wordt dat in een buurt tientallen PC's beschadigd werden als gevolg van blikseminslag.

Waarheid of verzinsel?

18.3 Principes van UPS

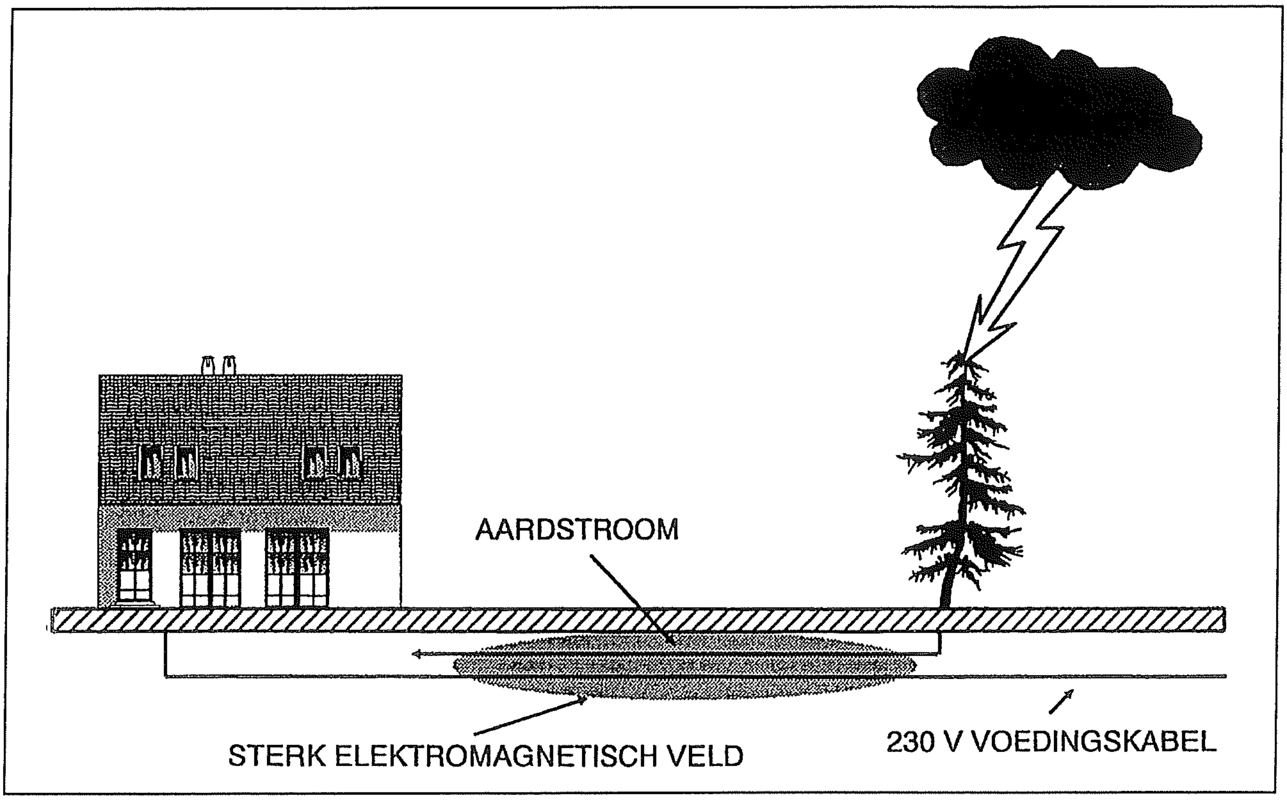
Het kan inderdaad gebeuren dat, als gevolg van blikseminslagen op of in de buurt van ondergrondse netspanningsleidingen, er op de 230 V netspanning vrij grote spanningspieken ontstaan. Hoewel deze pieken zeer smal zijn, zie figuur 3/18.3-3, kunnen zij soms schade aan gevoelige apparatuur veroorzaken. De amplitude van een dergelijke piek kan zelfs zo groot zijn, dat de contacten van open netschakelaars door een vonk overbrugd worden en het schijnbaar onmogelijke gebeurt. Een computer, die was uitgeschakeld, blijkt het na de blikseminslag niet meer te doen!



Figuur 3/18.3-3: De angst van iedere elektronisch apparaat: door elektromagnetische inductie ontstaat er, bij blikseminslag in de buurt, een grote stoorpiek op de netspanning.

Die spanningspieken op de netspanning ontstaan als gevolg van "LEMP", letterwoord van "Lightning ElectroMagnetic Pulse". Dit verschijnsel wordt toegelicht aan de hand van figuur 3/18.3-4. Alle elektronische apparatuur in en om het huis is via een ondergrondse voedingskabel met een verdeelstation van het energiebedrijf verbonden, dat de 230 V van de netspanning verdeelt. Bovengrondse leidingen zijn in Nederland zeldzaam en worden buiten beschouwing gelaten. Als de bliksem inslaat in de buurt van een huis, bijvoorbeeld in een boom, dan zal de bliksemspanning, die miljoenen volt groot is, een uitweg zoeken naar de aarde. Er ontstaat een aardstroom, die de weg van de minste weerstand door de aarde opzoekt. Deze aardstroom kan tienduizenden ampère groot zijn. Het kan dus voorkomen dat deze grote stroom parallel door de aarde loopt aan een 230 V voedingskabel. Een algemene wet van de natuurkunde stelt dat een elektrische stroom een elektromagnetisch veld genereert. De sterkte van een dergelijk veld is niet alleen afhankelijk van de grootte van de stroom, maar ook van de snelheid waarmee de stroom ontstaat en weer verdwijnt. Een bliksem is een zeer energierijk, maar zeer kort durend verschijnsel. De tijdsduur van een bliksemontlading is meestal niet groter dan 0,02 seconde. Het gevolg is dat de grote en snelle aardstroom puls een zeer sterk elektromagnetisch veld in de aarde genereert. Dit veld kan zich over een afstand van meer dan één vierkante kilometer in het aardoppervlak manifesteren. Een tweede wet van de natuurkunde stelt dat een variërend elektromagnetisch veld in alle geleiders in de buurt een elektrische spanning genereert. Dit verschijnsel noemt men "elektrische inductie". Dit zal ook in dit voorbeeld gebeuren. In de 230 V voedingskabel (een typische geleider), wordt een inductiespanning gegenereerd, die weliswaar maar een paar tiental milliseconde aanwezig is, maar een grootte van diverse 1.000 V kan bereiken.

18.3 Principes van UPS



Figuur 3/18.3-4: Zo ontstaan die mooie piekjes van de vorige figuur: de bliksem hoeft dus niet eens in een 230 V voedingskabel in te slaan om ellende te veroorzaken!

Deze piekspanning komt via de voedingskabel in de meterkast terecht en kan vervolgens in huis gevoelige apparatuur beschadigen. Het is dus niet noodzakelijk dat de bliksem op een huis inslaat! Beveiliging van gebouwen door middel van bliksemafleiders helpt weliswaar tegen directe bliksemschade zoals brand en explosie, maar absoluut niet tegen de gevolgen van "LEMP".
Ondanks waarschuwingen die af en toe in de kranten verschijnen en die duidelijk stellen dat de enige manier om schade door bliksem te vermijden is de netstekers van apparatuur uit de wandcontactdozen te trekken, zullen maar weinig mensen dit doen. Dat is immers zo'n gedoe en in onze moderne tijd staat het zelfs een beetje achterlijk om "bang te zijn voor de bliksem". Bovendien is het in een modern huis vrijwel onmogelijk om alle apparatuur los te koppelen van het net. Computers staan vrij vaak dag en nacht aan, hetzelfde geldt voor fax-apparatuur, automatische telefoon beantwoorders, alarminstallaties, de huisautomatisering, het inbraakalarm, de TV, de videorecorder, etc. Kortom, ook hier kan een goed ontstoorde UPS uitkomst bieden!

Samenvatting
Uit dit inleidende verhaal zal duidelijk worden dat het toepassen van UPS-apparatuur niet alleen nuttig is voor het opvangen van netspanningsonderbrekingen. UPS is ook ideaal voor het opvangen van netstoringen en de gevolgen van blikseminslag.

18.3 Principes van UPS

Wat is een UPS?

Uninterruptable Power Supply

De kreet UPS is reeds elf keer neergeschreven zonder enige verklaring, hoogste tijd dus voor het ontrafelen van dit letterwoord. Een UPS is een "Uninterruptable Power Supply" oftewel een "niet te onderbreken voedingsapparaat". Deze letterlijke vertaling geeft meteen ook de letterlijke werking van een dergelijk apparaat weer. Een UPS wordt op de normale netspanning aangesloten, zet deze om naar een 12 V of 24 V gelijkspanning, laadt hiermee een accu op, zet de accuspanning via een elektronische schakeling weer om in een 230 V wisselspanning en voedt hiermee bepaalde kritische schakelingen en apparaten. Door al die spanningsomzettingen worden stoorsignalen op het net effectief onderdrukt. Onderdrukken is zelfs het verkeerde woord: een goed UPS "herschept" volledig onafhankelijk van de buitenwereld een mooie en zuivere 230 V wisselspanning.

Met opzet wordt het woord "goed" in de vorige zin gebruikt. Dergelijke apparatuur is duur en vandaar dat er allerlei "halve" oplossingen op de markt zijn verschenen, die minder complex en goedkoper zijn, maar niet op de beschreven ideale manier de netspanning "herscheppen".

Welk UPS voor welk doel?

Dat is een belangrijke vraag, want er bestaan diverse systemen die nogal in prijs verschillen. Aan de hand van een voorbeeld wordt dit probleem toegelicht.

Een klant van een automatiseerder wil zijn ISDN-installatie tegen spanningsuitval beschermen. Als die automatiseerder geen verdere vragen zou stellen, zou hij die klant een kleine off-line UPS met een maximaal vermogen van 300 VA aanraden, verkrijgbaar voor een prijs van ongeveer € 125,00. Gelukkig is de automatiseerder zo slim om even verder te vragen. Wat blijkt dan?

- Het ISDN-systeem is geïntegreerd in het netwerk van deze klant. Een groot aantal PC's is voorzien van een ISDN-kaart met microfoon en de systemen zijn uitgerust met monitoren voorzien van ingebouwde luidsprekers.
- Het gehele systeem draait rond een Novell-server.
- Het uit de lucht gaan van het telefoonsysteem is absoluut onaanvaardbaar, omdat de klant een telefonische 24-uurs service biedt aan zijn klanten.
- Naast het kantoorgebouw staat een machinefabriek, met zware stansapparatuur.

Wat in eerste instantie een weinig winst opleverende "dozenschuif"-opdracht leek te zijn, wordt nu opeens een grote order voor deze automatiseerder!

Werkingsprincipes

Wie zich nader verdiept in de technologie en het marktaanbod van UPS-apparatuur komt al snel tot de conclusie dat ook hier met indrukwekkende begrippen gesmeten wordt die bij nadere beschouwing weinig voorstellen. Fabrikanten hanteren kreten als "off-line", "on-line", "quadruple convertion", "quasi on-line", "smart boost", "smart trim" en "net-interactief" zonder dat duidelijk is wat hiermee precies bedoeld wordt.

Door het bestuderen van de blokschema's van aangeboden apparatuur kan men toch tot de volgende grote indeling komen:

- off-line technologie;
- net-interactieve technologie;
- on-line technologie;

18.3 Principes van UPS

- on-line technologie met automatische bypass.

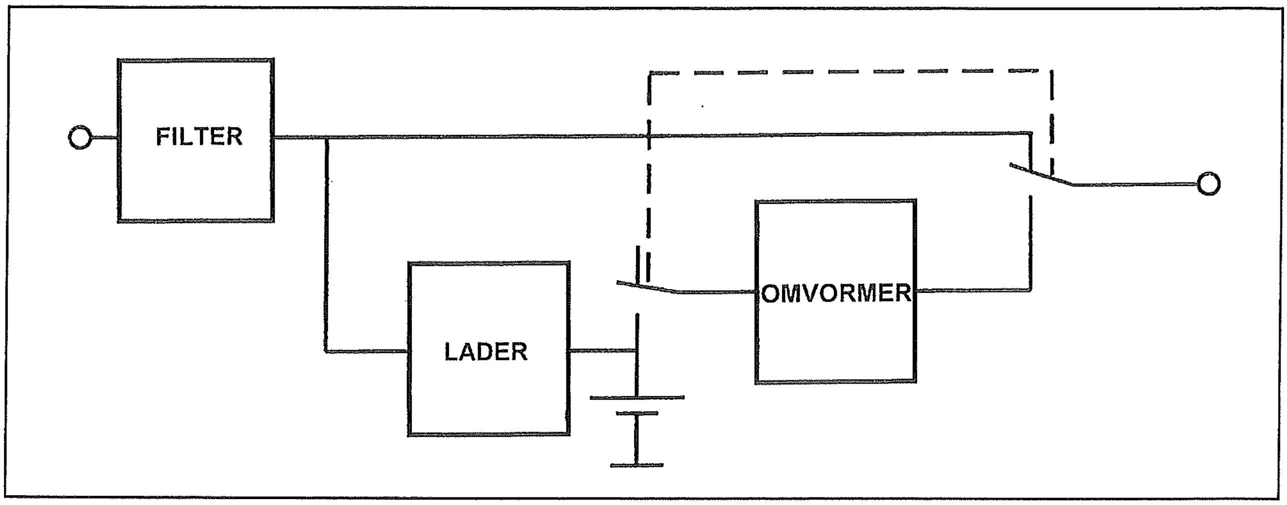
De minimale samenstelling van een UPS
UPS-apparatuur moet per definitie de onderstaande schakelingen bevatten:
- Een schakeling die detecteert of de netspanning wel of niet aanwezig is en die, bij wegvallen van deze spanning, zo snel mogelijk maatregelen treft.
- Een alarmschakeling die een optisch of acoustisch alarm geeft op het moment dat de netspanning verdwijnt.
- Een accu, 12 V of 24 V, die de voedingsbron wordt van de aangesloten apparatuur of dit alleen doet als de netspanning wegvalt.
- Een acculader, die uit de netspanning een gelijkspanning van 15 V of 30 V afleidt om de accu op te laden.
- Een zogenaamde omvormer, een schakeling die de 12 V of 24 V van de accu omzet in de 230 V wisselspanning waarmee de aangesloten apparatuur wordt gevoed.

De off-line technologie

Principe
Het principe van deze apparatuur is geschetst in figuur 3/18.3-5. Deze apparatuur maakt gebruik van het eenvoudigst mogelijke principe en dus vrij goedkoop. Onder normale omstandigheden wordt de netspanning rechtstreeks aan de aangesloten verbruikers aangeboden (schakelaars in de getekende stand). Wél is een netfilter aanwezig, dat storingspieken op de netspanning in min of meerdere mate verwijderd.
Vaak treft men in dit blokje ook een overspanningafleider aan, die de aangesloten apparatuur beschermt tegen grote inductieve spanningspieken op het net, die bijvoorbeeld ontstaan bij blikseminslag in de buurt.
Via een gelijkrichter en laadschakeling wordt de ingebouwde accu op volle lading gehouden. Als de netspanning wegvalt wordt dit door een ingebouwde schakeling gedetecteerd en worden zo snel mogelijk beide schakelaars omgeschakeld. De omvormer begint te werken en voedt vanaf dat moment de aangesloten apparatuur met 230 V wisselspanning.

Nadelen
Het grote nadeel van het off-line principe is dat de verbruikers via een schakelaar met ofwel de reguliere netspanning ofwel de door de UPS gegenereerde namaak netspanning worden verbonden. Schakelaars schakelen niet oneindig snel om! Afhankelijk van de zorg die de ontwerpers aan het ontwerp van de schakeling besteden, betekent dit dat de apparatuur tussen 1 ms en 10 ms zonder spanning zitten. Nu is dat voor de voeding van PC's geen ramp, de voedingsunits in computers kunnen een netuitval van een dertigtal milliseconden zonder problemen overbruggen. In die units zitten namelijk grote elektrolytische condensatoren over de uitgangsspanningen. Populair gezegd kan men dergelijk onderdeel opvatten als kleine accu's, die in staat zijn de +5 V, -5 V, +12 V en -12 V gelijkspanningen waar iedere PC op leeft even uit hun eigen "voorraad" aan te leveren.
Voor andere verbruikers kan dat echter niet met stellige zekerheid beweerd worden. Zeker apparatuur die gevoed wordt uit netstekervoedingen, zoals modems, printers en netwerk-hub's, hebben dergelijke grote elektrolytische condensatoren niet aan boord.

18.3 Principes van UPS



Figuur 3/18.3-5: Het werkingsprincipe van de off-line technologie.

In feite zou iedere leverancier van apparatuur verplicht moeten worden om in de specificaties van zijn producten aan te geven hoe lang de apparatuur blijft werken als de netspanning wegvalt. Dat zal er echter wel nooit van komen!
Een tweede nadeel van off-line is dat de aangesloten apparatuur weliswaar via een filter met de netspanning verbonden is, maar dat het maar de vraag is of dit filter goed genoeg is om alle storingspieken voldoende te onderdrukken.

De uitgangsspanning
UPS-apparaten die werken volgens het off-line principe zijn goedkoop. Dat heeft ook consequenties voor de vorm van de 230 V wisselspanning die wordt geleverd. In principe zou een dergelijk apparaat een mooie sinusvormige spanning moeten leveren, net zoals de ideale netspanning. Dat is echter een dure grap en men zal dit soort uitgangsspanning alleen aantreffen bij de duurdere apparatuur. Goedkope apparaten leveren een blokvormige spanning, waarvan de effectieve waarde gelijk is aan 230 V. Ook zijn er apparaten die een driehoekvormige of een trapeziumvormige spanning leveren. Nu zou men kunnen denken dat dit niet zo best is voor de voedingsschakelingen in de aangesloten apparatuur. Dat valt echter wel mee. Vergeet niet dat off-line apparatuur een kleine capaciteit heeft en de aangesloten apparatuur maximaal een kwartiertje kan voeden. Voedingsschakelingen in PC's en aanverwante apparatuur zijn best in staat goed te blijven werken als zij even gevoed worden door iets dat alleen met veel fantasie opgevat kan worden als een sinusspanning. De extra warmteontwikkeling die ontstaat door de niet ideale sinusvorm kan gemakkelijk afgevoerd worden. Bovendien is iedere PC voorzien van iets dat "geschakelde voeding" wordt genoemd. Hierbij wordt de netspanning onmiddellijk gelijkgericht en nadien via ingewikkelde technieken omgezet in de standaard gelijkspanningen van +5 V, -5 V, +12 V en -12 V. Voor die primaire gelijkrichter maakt het niets uit of de netspanning een mooie sinus is of iets dat er alleen op lijkt.
Voor randapparatuur die via netstekervoedingen wordt gevoed ligt deze kwestie iets ingewikkelder, maar gelet op het ge-

18.3 Principes van UPS

ringe vermogensverbruik en de geringe voedingstijd zal niet-sinusvormige voeding nooit tot problemen leiden.

Het rendement

Het rendement van een UPS is de verhouding tussen het vermogen dat er wordt ingestopt en het vermogen dat er uit komt. Hoe groter het rendement, hoe minder elektriciteit men moet betalen! Zowel de accculader als de omvormer zijn schakelingen die per definitie een laag rendement hebben. Behalve de hoge stroomkosten heeft dit als bezwaar dat er flink wat warmte in de schakelingen wordt opgewekt, warmte die door grote koelplaten en/of ventilatoren moet worden afgevoerd. Maar omdat de lader bij de "off-line" technologie de lading van de accu alleen op pijl moet houden (de accu wordt immers alleen in het zeldzame geval van netuitval gebruikt) kan een lader met klein vermogen worden ingebouwd. Het koelvraagstuk is dan niet aan de orde. Voor de omvormer geldt een soortgelijk verhaal. Ook dit apparaat wordt alleen ingeschakeld in noodgevallen en werkt dan, afhankelijk van de capaciteit van de accu, 5 tot 15 minuten. De warmte die in deze korte gebruikstijd wordt gegenereerd, kan dan gemakkelijk worden afgevoerd met traditionele koeltechnieken zoals een grote koelplaat op de behuizing. Ook dat zijn factoren die gunstige invloed hebben op de prijs van "off-line" apparatuur.

Opletten geblazen!

Aan het gebruik van "off-line" apparatuur kleeft één groot bezwaar, een bezwaar dat het best met een praktijkvoorbeeld kan worden toegelicht. Stel een systeem met een PC met een vermogensverbruik van 145 VA en een 17 inch monitor met een vermogensverbruik van 350 VA. Beide apparaten worden gevoed via een off-line UPS. Dan moet een UPS worden gekocht die een maximaal vermogen van 500 VA kan leveren. De UPS-kast verdwijnt ergens onder een bureau en via een verlengkabel worden PC en monitor op het apparaat aangesloten. Niets aan de hand! Volgens jaar besluit men echter de 17 inch monitor te vervangen door een 20 inch exemplaar. Natuurlijk wordt die monitor op het bestaande verlengsnoer aangesloten. Bovendien komt er een kleuren laserprinter, die ook aan dit snoer komt te hangen. Het bestaan van die onopvallende UPS is immers al lang vergeten! Dat gaat allemaal prima, want de off-line UPS staat onder normale omstandigheden op stand-by en de interne schakelaars verbinden alle apparatuur rechtstreeks met het net. Nu is het zo dat een 20 inch monitor heel wat meer vermogen verbruikt dan zijn 17 inch soortgenoot. Ook die laserprinter vreet heel wat energie. Op het moment dat de netspanning wegvalt schakelt de UPS netjes in, maar knalt onmiddellijk de zekering er uit. Het maximaal uitgangsvermogen van 500 VA is immers niet meer in staat én de PC, én de mooie 20 inch monitor én de prachtige kleurenlaser van spanning te voorzien. Wat niet had mogen gebeuren, gebeurt dus tóch. Het systeem gaat onmiddellijk plat met alle beschreven gevolgen. In de meeste gevallen zal natuurlijk de leverancier van de UPS de schuld krijgen, maar het zal wel duidelijk zijn dat dit volledig ten onrechte gebeurt!

Let op bij de aankoop

UPS-apparatuur volgens het off-line principe wordt door tientallen fabrikanten in even zovele uitvoeringen geleverd, die ieder uiteraard een keurig en indrukwek-

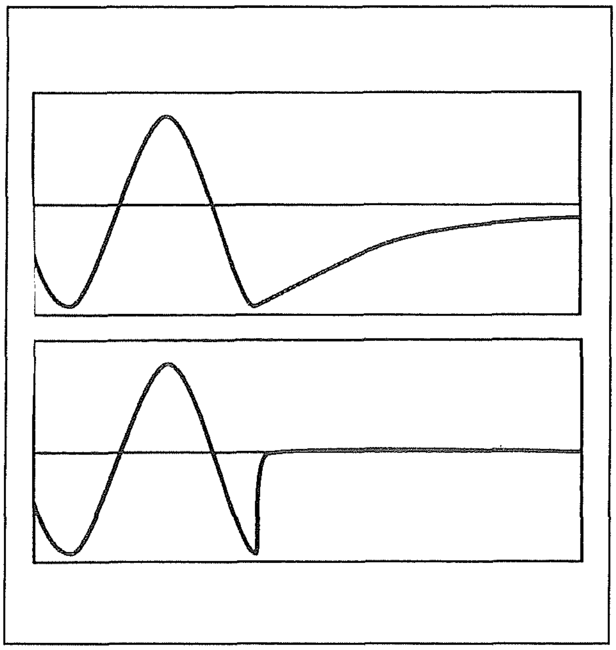
18.3 Principes van UPS

kend lijstje met specificaties vermelden. Er zijn echter een aantal aandachtspunten die meestal zedig verzwegen worden maar die voor de gebruiker van het allergrootste belang zijn.

- Natuurlijk moet men op het maximaal leverbare vermogen letten, maar dat geldt uiteraard voor alle typen en soorten.
- Dat ook de overbruggingstijd belangrijk is, zal al even duidelijk zijn. In de meeste gevallen volstaat een kwartiertje om een systeem op een fatsoenlijke manier af te sluiten. Dat betekent dus dat de UPS de aangesloten belasting minimaal 15 minuten van 230 V spanning moet kunnen voorzien.
- De UPS moet op de een of andere manier in staat zijn de conditie van de batterij te testen. Het feit dat de UPS de accu laadt en op spanning houdt, wil nog niet per definitie zeggen dat de accu ook in staat is 15 minuten lang een grote ontlaadstroom te leveren. Goede off-line technologieën schakelen om het uur even een belasting over de accu en merken, aan het stroomverbruik en het verloop aan de accuspanning, of de accu het goed doet.
- De UPS moet zijn eigen omvormer regelmatig testen. Elektronisch bekeken kan deze test samen gaan met deze beschreven in punt drie. De omvormer wordt met de accu verbonden, een elektronische controleschakeling meet zowel de spanning over de accu als de spanning op de uitgang aan de (onbelaste) omvormer. Uit beide meetresultaten kan het apparaat zijn voornaamste functies testen en controleren.

De beruchte "stekertest"

Demonstraties met off-line apparatuur hebben meestal het volgende verloop. De verkoper installeert het apparaat, sluit er de PC en de monitor op aan, verbindt de UPS met de netspanning en vraagt om het systeem op te starten en een lievelingsapplicatie te draaien. Dan trekt hij opeens de netsteker van de UPS uit het stopcontact en, wat een wonder, er gebeurt helemaal niets! De computer snort rustig verder, de accu uit de UPS voedt nu immers het systeem. De meeste gebruikers zijn onmiddellijk verkocht na zo'n indrukwekkende presentatie. Toch staat die demonstratie bekend onder de naam "de beruchte stekkertest". Wat het addertje onder het gras is volgt uit de afbeeldingen van figuur 3/18.3-6.



Figuur 3/18.3-6: Bij de "beruchte stekertest" valt de netspanning op een andere manier weg dan bij een netstoring.

In het bovenste oscillogram is getekend hoe de netspanning aan de ingang van de UPS wegvalt als de verkoper de stekker uit het stopcontact trekt. De netingang hangt

dan natuurlijk "in de lucht" en allerlei ingewikkelde elektrische wetten zorgen ervoor dat de netspanning in de netkabel en dus ook aan de ingang van de UPS niet meteen wegvalt. Die wetten leveren namelijk nog eventjes energie, die vanwege de los getrokken kabel alleen gebruikt kan worden op de UPS nog even van spanning te voorzien. Zelfs slechte off-line apparaten, die traag omschakelen, overleven deze test met glans.
In het onderste oscillogram is voorgesteld hoe de netspanning van de UPS wegvalt bij een échte netstoring. Omdat nu niet alleen de PC en monitor op de spanningsloos gemaakte lijn staan, maar alle ingeschakelde belastingen in huis (dus lampen, ventilatoren, airco's, beltrafo's, etc), zal de energie die door de genoemde ingewikkelde elektrische wetten wordt gegenereerd onmiddellijk wegvloeien naar al de op de netspanning staande verbruikers. De ingangsspanning van de UPS valt dus meteen weg en traag schakelende apparatuur valt dan onmiddellijk door de mand. Laat dus de verkoper zijn kunstje uitvoeren, maar test het apparaat nadien nog eens door eerst zoveel mogelijk verbruikers in huis aan te zetten en nadien de hoofdschakelaar in de zekeringkast uit te schakelen. Als het systeem dan nog steeds fris en vrolijk verder gaat, dan heeft de UPS de zwaarste praktijktest doorstaan en kan goedgekeurd worden.

RS-232 uitgang
Sommige off-line systemen hebben een seriële poort die met een van de vier seriele poorten van de PC wordt verbonden. Via deze interface kan de UPS eenvoudige boodschappen aan het systeem mededelen. Dit is interessant als de UPS een 24-uurs server beveiligt. Via de seriële interface kan de UPS in een noodgeval het besturingssysteem opdracht geven een "Auto Shutdown" uit te voeren, waarbij de server volledig automatisch volgens de regels der kunst eerst het netwerk afsluit en nadien zichzelf uitschakelt.

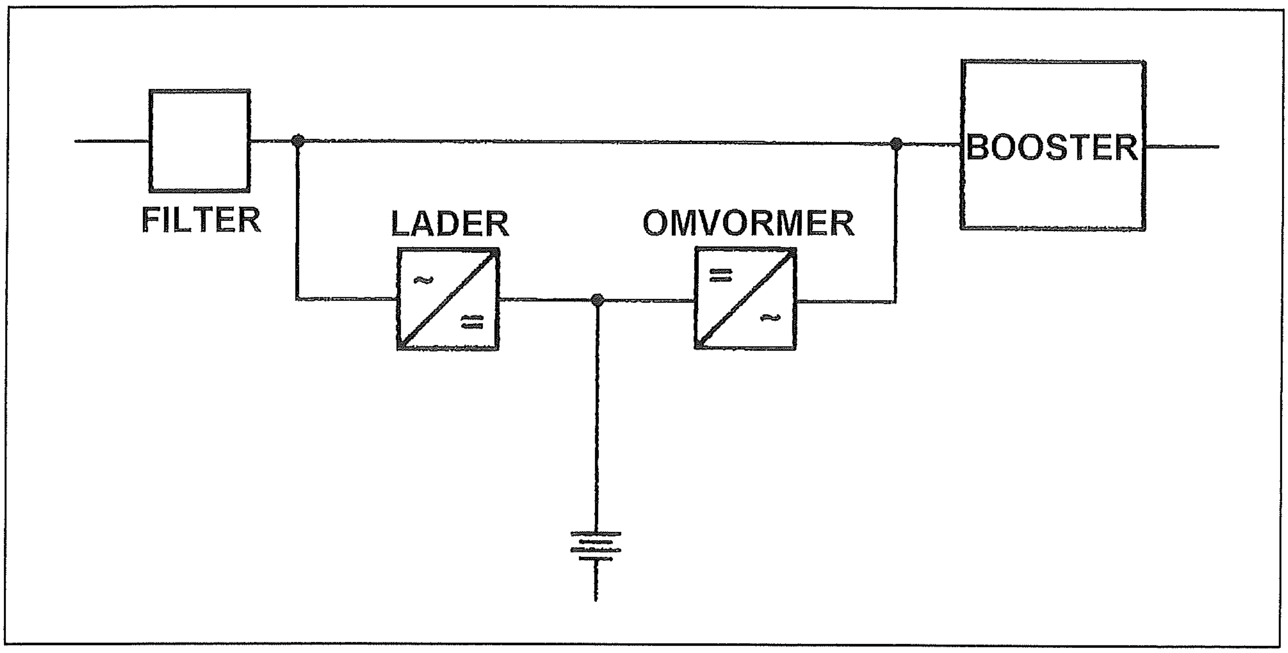
Conclusie
Het off-line principe leent zich in feite alleen maar voor het beveiligen van niet al te kritische apparatuur. Een netwerk zou ondergetekende er echt niet aan toe vertrouwen! Zo'n systeem is wél ideaal om een ISDN-telefooncentrale en alle aangesloten apparatuur onder spanning te houden. Wél moet er dan een tweede 230 V spanningsvoorziening worden aangelegd met gecodeerde stopcontacten, waarop alleen alle telefoontoestellen aangesloten mogen worden.

De net-interactieve technologie

Het principe
De net-interactieve technologie is ontwikkeld om drie zwakke punten van de off-line technologie te verbeteren:
- Het "tijdgat" in de netvoorziening, veroorzaakt door de omschakelaars in de off-line apparatuur, elimineren.
- Het extra conditioneren van de uitgangsspanning.
- Alle stoorpulsen die via het net binnenkomen op een veel effectievere manier onderdrukken.

Het toverwoord hierbij is "magnetische booster" (spreek uit "boester"). Zoals uit het blokschema van figuur 3/18.3-7 blijkt, is in de uitgang van de UPS een extra blok elektronica opgenomen. Hierin zit een magnetische booster.

18.3 Principes van UPS



Figuur 3/18.3-7: Bij de net-interactieve technologie wordt elektrische energie onder magnetische vorm opgeslagen in een booster.

In principe kan men zo'n booster vergelijken met een accu, met als enig (maar zeer fundamenteel) verschil dat de energie niet onder elektrische, maar onder magnetische vorm wordt opgeslagen. Die booster ontvangt zijn primaire energie onder elektrische vorm uit het net of uit de omvormer uit de UPS. Die elektrische energie wordt in de booster door een spoel omgezet in magnetische energie, die wordt opgeslagen in een zware ijzeren kern in de spoel. De magnetische energie wordt nadien in een tweede spoel weer omgezet in elektrische energie.

Voordelen

Het inbouwen van die magnetische booster heeft volgende voordelen.

- De in de booster opgeslagen magnetische energie kan de PC en monitor ongeveer 30 milliseconde van netspanning voorzien, die tijd is dus groot genoeg om het omschakelen van de contacten in de UPS te overbruggen. Het systeem zit dus geen milliseconde zonder spanning en zelfs de gevoeligste voedingsschakelingen merken niets van de omschakeling van de netbron.
- Magnetische energie verandert heel traag van waarde. Allerlei zeer smalle stoorpulsen op de netspanning "verdrinken" als het ware in die blubberige poel van magnetische energie in de booster. Door bliksem geïntroduceerde smalle maar grote stoorpulsen hebben al helemaal geen kans om de dubbele omzetting elektrische naar magnetische naar elektrische energie te overleven. Het gevolg is dat een net-interactieve UPS het systeem afdoende beschermd tegen blikseminductie en tegen allerlei andere vormen van storingen op de netspanning.
- Door de traagheid in de verandering van de magnetische energie in de booster wordt de soms nogal rare uitgangs-

spanning van de omvormer van de UPS afgevlakt en gaat veel meer op de ideale sinusspanning lijken.
- Door het introduceren van een magnetische booster ontstaat er per definitie een wat genoemd wordt "galvanische scheiding" tussen het systeem en de netspanning. Dat is een beetje een ingewikkeld technisch verhaal, maar kan vergeleken worden met het 230 V stopcontact in de badkamer, waarop veilig een scheerapparaat kan worden aangesloten. Die scheiding zorgt ervoor dat er geen spanningsverschillen kunnen ontstaan tussen de aardingslippen van de stopcontacten waarop apparatuur wordt aangesloten. Zeker bij grote systemen, waar bijvoorbeeld een netwerkprinter in een ander lokaal én op een andere zekeringgroep staat, kan dat een groot voordeel betekenen.
- De basiswerking van een net-interactieve UPS is vergelijkbaar met deze van een off-line systeem. De accu en de omvormer worden alleen ingeschakeld as het écht nodig is, de elektronica van de acculader en de omvormer kunnen dus bescheiden blijven.

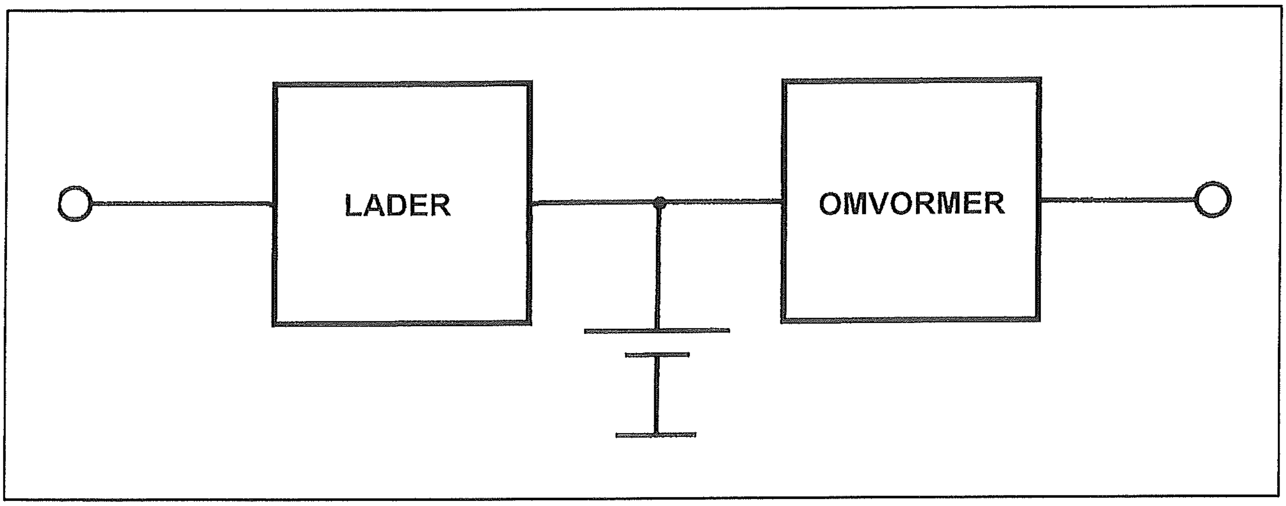
Nadelen
Net-interactieve UPS apparatuur is per definitie behept met een paar nadelen van de off-line systemen. Zo moet extra elektronica aanwezig zijn om de conditie van de accu en de omvormer regelmatig te testen. Ook het onbewust te veel belasten van het systeem door de aanschaf van nieuwe of extra apparatuur is nog steeds mogelijk.

Conclusie
Net-interactieve UPS-technologie levert in theorie een aanzienlijke verbetering ten opzichte van de off-line technologie. In hoeverre die verbeteringen ook in de praktijk gelden is echter in grote mate afhankelijk van de zorg die is besteed aan het ontwerp van de elektronische booster. Dat is een dure schakeling omdat er nogal wat ijzer en koper in de boostertrafo verwerkt zit. Sommige fabrikanten gaan hierop bezuinigen, waardoor de opslagcapaciteit voor de magnetische energie kleiner wordt en de grote voordelen van het principe dan toch weer verloren gaan.

De on-line technologie

Het principe
De on-line technologie is het paradepaardje van iedere UPS- fabrikant. Zoals uit het onderstaande schema van figuur 3/18.3-8 blijkt bevat een on-line systeem géén schakelaars. De te beveiligen apparatuur wordt altijd uit de omvormer van de UPS gevoed. Dat betekent dus de accu steeds zwaar belast wordt en dat de ingebouwde acculader natuurlijk in staat moet zijn die grote belastingsstroom te leveren. Daar komt echt heel wat bij kijken! Stel een systeem dat 500 VA moet leveren. Dat betekent dat de 230 V uitgang een maximale stroom van ongeveer 2 A moet kunnen leveren. Die 500 VA uitgangsvermogen moet natuurlijk uit de accu komen. Als die een spanning van 24 V levert betekent dit de accu continu belast wordt met een stroom van minimaal 25 A. Die stroom moet natuurlijk ook door de acculader geleverd worden en daar is heel wat elektronica voor nodig. Een tweede consequentie van het principe is dat zowel de acculader als de omvormer continu, 24 uur per dag, werken. Zoals reeds geschreven zijn dat schakelingen die een extreem laag rendement hebben.

18.3 Principes van UPS



Figuur 3/18.3-8: Het principe van een on-line UPS lijkt eenvoudig, maar er komt heel wat elektronica bij kijken om een werkend apparaat op de vloer te zetten!

Logisch gevolg is veel warmte die nu niet opgeslagen en nadien afgevoerd kan worden in en via koelplaten, maar met behulp van ventilatoren weggeblazen moet worden.

Echte sinus

Als laatste principiële eigenschap van het on-line principe kan nog vermeld worden dat de fabrikanten er alles aan doen om de uitgangsspanning van de omvormer zo veel als technisch mogelijk is op een ideale sinus te laten lijken. Dat is een absolute voorwaarde.

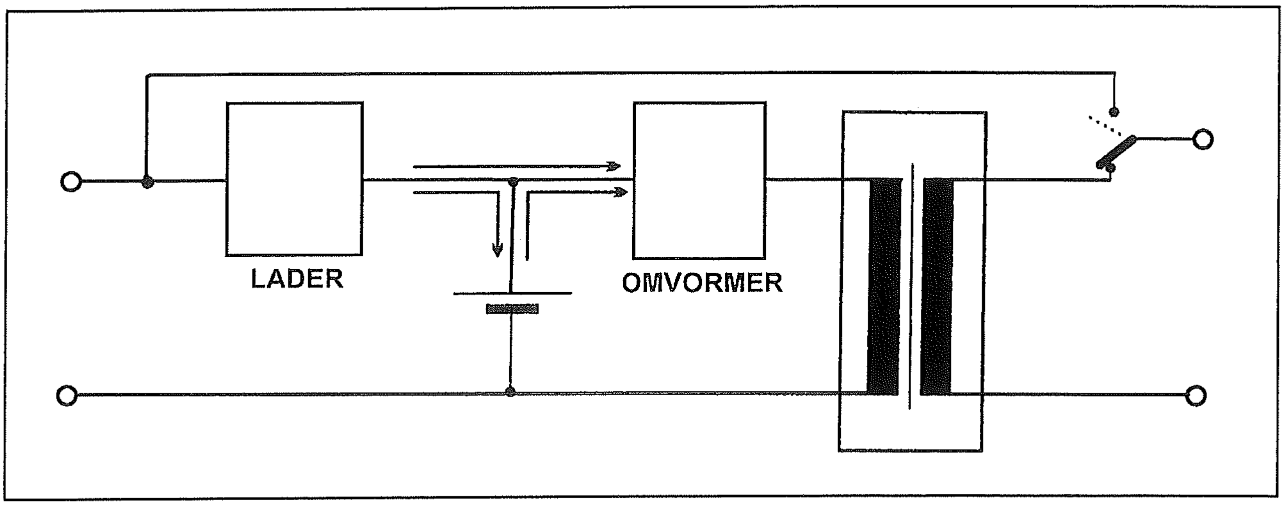
Nu wordt immers PC, monitor, modem, etc. continu gevoed uit de uitgangsspanning van de omvormer. Als die nu een blokvormige of driehoekvormige spanning zou leveren, zoals bij off-line apparatuur vaak het geval is, dan zou de extra warmte-ontwikkeling in de voedingstrafo's van de apparaten op termijn tot oververhitting leiden. Ook het ontwerpen van schakelingen die 500 VA aan zuiver sinusvermogen genereren is iets dat men maar beter niet overlaat aan de beroemde hobbyist op zijn zolderkamertje. Kortom, het zal wel duidelijk zijn dat UPS-apparatuur die volgens het on-line principe werkt kostbaar is!

De voordelen

In het kort de voordelen van de on-line technologie op een rijtje.

- De vorm van de uitgangsspanning van de omzetter is meestal een zuiverder sinus dan deze die de netspanning levert.
- De frequentie van de gegenereerde spanning is uiterst nauwkeurig en stabiel gelijk aan 50,00 Hz.
- Storingen op de netspanning verschijnen niet op de voedingskabels van de aangesloten apparatuur.
- Er bestaat geen gevaar voor blikseminductie.
- De gegenereerde netspanning is galvanisch gescheiden van het elektriciteitsnet.
- Stoorsignalen die binnen zouden kunnen komen via de aardingsdraad van het net verschijnen niet op de uitgang.

18.3 Principes van UPS



Figuur 3/18.3-9: Een simpele omschakelaar maakt het leven van on-line UPS-ontwerpers een stuk gemakkelijker en spaart handen vol geld.

Automatische bypass

Het principe

Is UPS die werkt volgens de on-line technologie werkelijk het einde? Dat is niet zo, het kan immers altijd beter. Het probleem is dat een on-line UPS alleen het zonnetje in kantoor is, zolang men geen apparaten in- en uitschakelt. Gebruikt men een dergelijke voeding voor een 24-uurs server, dan is er dus verder geen probleem. Als men echter op hetzelfde apparaat systemen aansluit die vaak uit en weer aan worden geschakeld, dan kan de UPS er na een tijdje de brui aan geven.

Niet geschikt voor piekbelastingen

Een on-line UPS is inderdaad niet goed bestand tegen piekbelastingen. Die piekbelastingen treden op als men een apparaat inschakelt. Bij een PC ligt dat voor de hand, want op dat moment moeten al die grote elektrolytische condensatoren over de uitgangsspanningen opeens opgeladen worden en dat vergt nogal wat stroom. Deze piekstroom kan onder ongunstige omstandigheden een factor vier hoger zijn dan de normale stroom. Ook bij het aanschakelen van een monitor kan een grote piekstroom vloeien. Monitoren bezitten namelijk een zogenaamde "degaus-spoel" rond de beeldbuis die bij het aanschakelen van het apparaat een paar seconde wordt ingeschakeld en die het scherm van de beeldbuis demagnetiseert. Sommige monitoren hebben zelfs een speciaal degaus drukknopje, waarmee men de beeldbuis kan demagnetiseren als er heel nauwkeurig kleurenwerk moet worden verricht. De spoel verbruikt echter een grote stroom.

Men moet dus rekening houden met onverwachte stroompjes van een ampère of acht. De omvormer in de UPS moet in staat zijn deze grote piekstroom te leveren. Weliswaar vloeit deze piekstroom maar heel eventjes, maar de ellende is dat de moderne schakelende halfgeleiders (MOSFET's, IGT's en dergelijke) een broertje dood hebben aan dit soort stromen.

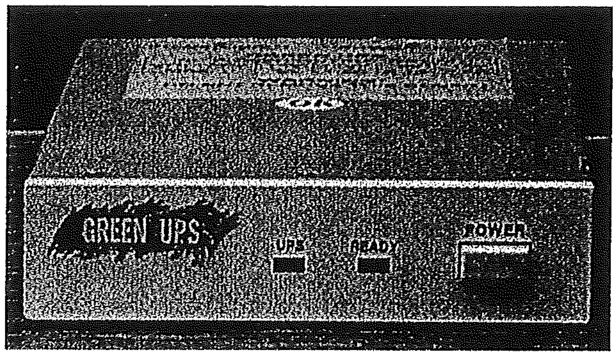
De ontwerpers staan dus voor de keuze die schakeltrappen zwaar te overdimensioneren, hetgeen extra geld kost, of iets geheel nieuws te verzinnen.

Een bypass brengt de oplossing
Niet alleen voor hartpatiënten, maar ook voor on-line UPS-apparatuur die niet tegen inschakelstromen kan. Zoals uit het schema van figuur 3/18.3-9 blijkt, bevat een dergelijk apparaat nu opeens weer zo'n vervelende omschakelaar. Die schakelaar staat echter vrijwel steeds in de onderste stand en dan is er geen verschil tussen een gewone on-line schakeling en een met bypass. Alleen bij een plotseling optredende zware piekbelasting, bijvoorbeeld als een monitor wordt ingeschakeld, merkt een stroomdetector dat de UPS overbelast dreigt te worden en schakelt de schakelaar naar de bovenste stand. De voedingsspanning van de apparatuur wordt dan weer uit het net betrokken en dat net heeft geen enkele moeite met piekstromen. Even later schakelt de schakelaar weer terug naar de onderste stand en werk de schakeling weer als een normaal on-line UPS.

Uitvoeringsvormen

Inleiding
UPS-apparatuur met kleine vermogens wordt tegenwoordig in een mooi kastje geleverd voor plaatsing op een bureau. Er zijn zelfs modellen beschikbaar die in een 3.5" inbouwlade passen. De grotere broers zitten in een behuizing die als twee druppels water lijkt op deze van een PC. Tot slot van deze bespreking worden een paar modellen voorgesteld.

Green UPS-35
Dit model, zie figuur 3/18.3-10, is een beetje de beroemde vreemde eend in de bijt. Het apparaat kan ingebouwd worden in een standaard gleuf voor 3.5" apparatuur. Het levert géén netspanning, maar rechtstreeks de standaard voedingspanningen van +5 V (3 A max.), -5 V (0,1 A max.), +12 V (1,2 A max.) en -12 V (0,2 A max.). Als de netspanning wegvalt of als de voeding van de PC er de brui aan geeft zal de bij dit apparaat geleverde software een "Auto Shutdown" uitvoeren, waarbij alle geopende applicaties worden afgesloten, alle geopende bestanden worden bewaard en het bedrijfssysteem (Windows of DOS) wordt afgesloten.

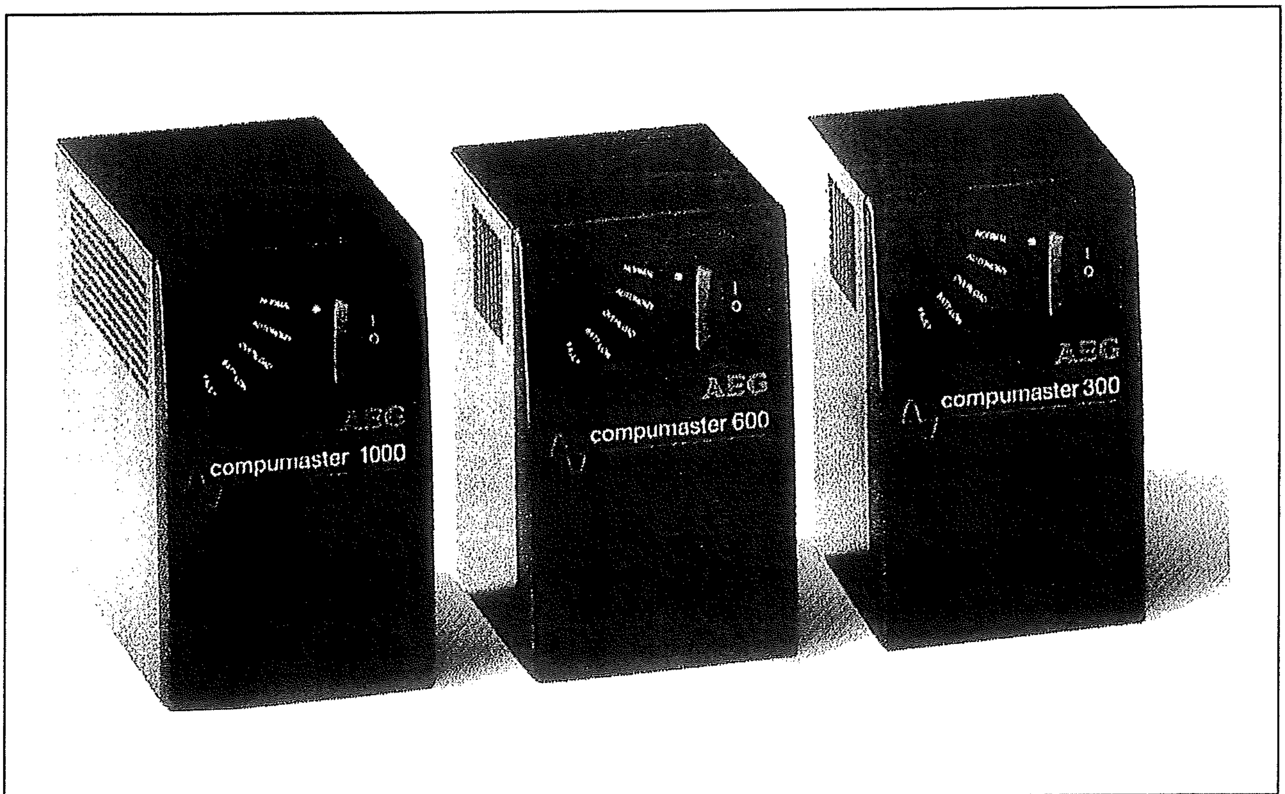


Figuur 3/18.3-10: Zo groot als een 3.5" floppydrive is deze Green UPS-35.

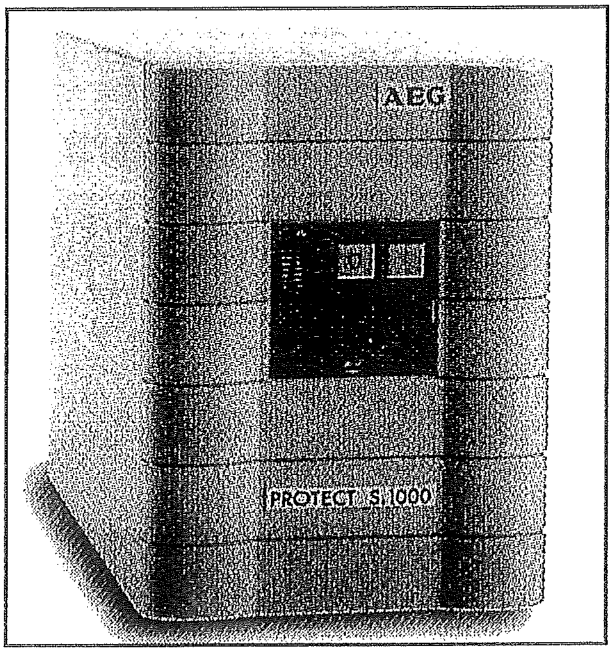
De acht ingebouwde NiCad-cellen zorgen voor een maximale shutdown-tijd van 10 minuten. Dit apparaatje wordt op de markt gebracht voor een prijs van ongeveer € 225,00.

De CompuMaster serie
De CompuMaster serie van AEG, zie figuur 3/18.3-11, werkt volgens het off-line principe en levert vermogens van 300 VA tot 1.200 VA. De apparaten zijn uitgerust met een netfilter en met luchtdichte loodaccumulatoren. De omschakeltijd van de interne schakelaars bedraagt 4,6 milliseconde. Vijf indicatie-LED's geven de status van het apparaat weer. De serie heeft een seriële uitgang en wordt geleverd met software die een Novell-server naar "Auto Shutdown" kan sturen.

18.3 Principes van UPS



Figuur 3/18.3-11: De CompuMaster serie van AEG levert vermogens van 300 VA tot 1.200 VA.



Figuur 3/18.3-12: De Protect S. zijn de jumbo's onder de beschreven UPS-apparatuur met vermogens tot 2.000 VA.

De prijzen van deze serie liggen tussen € 175,00 en € 375,00.

De Protect S. serie

Ook deze UPS-apparatuur, die volgens het on-line principe met bypass werkt, wordt door AEG op de markt gebracht. De serie bestaat uit vier apparaten die maximale vermogens leveren van 700 VA tot 2.000 VA met maximale uitgangsstromen van 3,0 A tot 8,7 A. Deze UPS's zitten in forse behuizingen, zie figuur 3/18.3-12, wat ook wel noodzakelijk is als men weet dat deze apparaten van 11,5 kg tot niet minder dan 33,5 kg wegen!
Ook deze apparaten hebben een RS-232 seriële poort en worden geleverd met uitgebreide "UPS Management and Shutdown Software". Deze software kan samenwerken met bijna alle besturingssystemen die zijn ontwikkeld, zoals uiteraard

18.3 Principes van UPS

alle versies van Windows, Novell Netware 3.x en 4.x, OS/2, Unixware, HP Unix, Linux en Silocon Graphics werkstations. Het zal duidelijk zijn dat deze apparaten bestemd zijn voor het beveiligen van zware servers en zelfs volledige kleine netwerken. De prijzen zijn er dan ook naar: het kleinste model moet ongeveer € 1.000,00 opbrengen, het zwaarste model meer dan € 2.000,00.

3/18.4

Elektriciteit besparen met het PowerSafer-principe

Inleiding

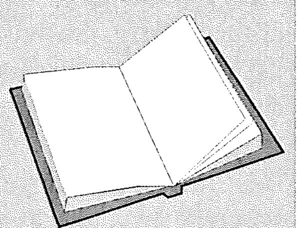
Uw elektrisch vermogen sijpelt weg
In uw moderne van alle luxe voorziene woning sijpelt het elektrisch vermogen langs allerlei "kieren" ongemerkt weg. Uw TV, videorecorder en DVD-speler staan 24 uur per dag op stand-by. Hoewel ieder apparaat op zich in deze stand niet veel energie verbruikt, tellen al die "stand-by's" tóch flink op. Daarnaast zijn er in uw woning minstens twintig elektrische apparaatjes, die via een netstekker voeding met de netspanning zijn verbonden. Ook die transformator verbruiken 24 uur per dag stroom, of het apparaat nu wel of niet is ingeschakeld. Uw elektrische close-in boiler, die uw keukenaanrecht 24 uur per dag kan voorzien van warm water, terwijl u dat hoogstens twee á drie keer per dag nodig heeft, verbruikt ook veel overbodige energie. En wat te denken van uw fax en/of kopieermachine, die ook 24 uur per dag aan staan, maar hooguit een paar uur per dag écht worden gebruikt?
Kortom, de term "wegsijpelen" is in de inleiding niet ten onrechte gebruikt!

Elektrische energie wordt flink duurder
U heeft het ongetwijfeld ook in de kranten gelezen, in 2005 gaat u € 150,00 tot € 200,00 meer uitgeven aan uw stroomverbruik dan in 2004. Gevolg van de onderlinge koppeling van de energieprijzen, als de aardolie duurder wordt dan wordt ook het aardgas duurder en ook de elektriciteit. Bovendien is de kans groot dat de door de regering zo aangeprezen liberalisering van de energiemarkt op termijn niet tot de beoogde goedkopere tarieven voert, maar tot hogere tarieven.
Kortom, het wordt de hoogste tijd dat u tot het uiterste gaat besparen op uw energiekosten, zonder echter uw comfort op te geven.

D-i-K PowerSafer
Het Duitse bedrijf D-i-K PowerSafer heeft een aantal innovatieve apparaatjes ontwikkeld die al die lekken, waarlangs uw kostbare elektriciteit weglekt, kunnen dichten. Volgens de fabrikant kunt

LEES OOK:

Geen verwijzingen



18.4 Elektriciteit besparen met het PowerSafer-principe

u tot € 200,00 per jaar besparen als u uw elektrische verbruikers uitrust met de PowerSafers.

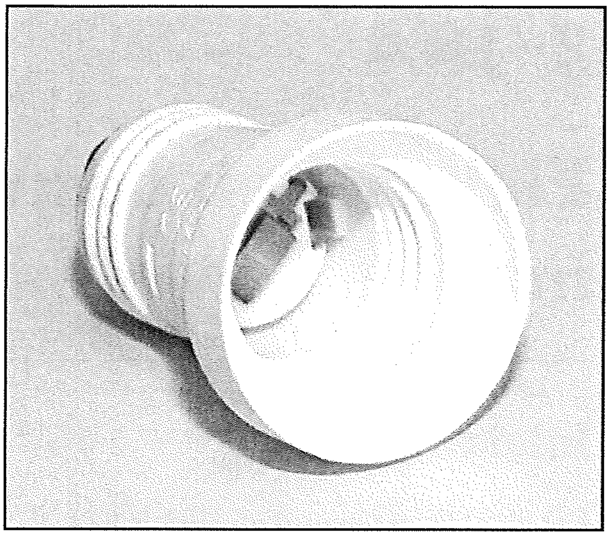
Algemeen principe

Het algemeen principe van de meeste PowerSafer apparaatjes is in feite heel simpel. De apparaten meten het stroomverbruik van een verbruiker. Ligt dit stroomverbruik onder een bepaalde drempel, dan besluit de PowerSafer dat het apparaat in de stand-by modus staat en schakelt het apparaat volledig uit. Om de zoveel seconden schakelt de PowerSafer het apparaat even in. Is het stroomverbruik nog steeds onder de drempel, dan staat het apparaat nog steeds in de stand-by modus. Is het stroomverbruik opeens veel hoger, dan heeft u tussen de twee metingen het apparaat ingeschakeld en weet de PowerSafer dat hij het apparaat met het net moet verbonden.
Andere PowerSafers reageren op de IR-codes van uw afstandsbedieningen

EcoDapt spaarfitting

Hetzelfde licht voor minder vermogen

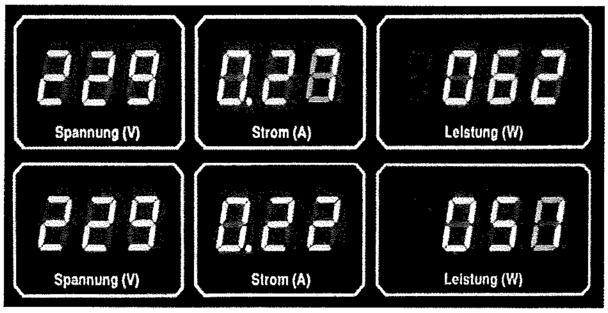
Gloeilampen worden nog in ieder huis gebruikt, omdat zij “mooier” licht geven dan spaarlampen en bovendien onmiddellijk op volle sterkte branden. In de meeste armaturen wordt gebruik gemaakt van grote fittingen, die door het leven gaan onder de code E27. Voor dit soort fittingen heeft PowerSafer een spaarfitting ontwikkeld, die volgens de fabrikant tot 25 % energie bespaart zonder dat u er iets van merkt. Deze spaarfitting, zie figuur 3/18.4-1, draait u in de bestaande fitting en de gloeilamp in de spaarfitting, dat is alles.



Figuur 3/18.4-1: De EcoDapt spaarfitting van PowerSafer.

Testen

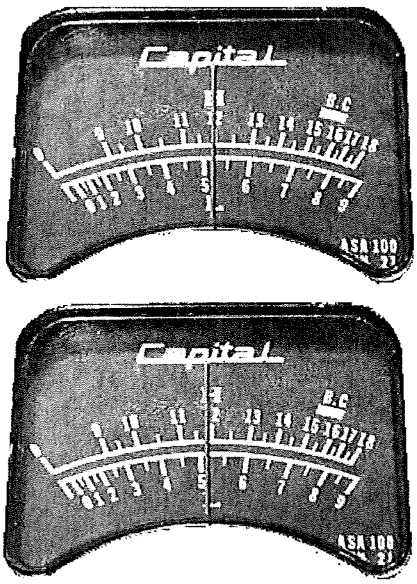
Fabrikanten kunnen veel beweren, maar meten is weten. Het Vego-lab heeft de EcoDapt uitgebreid getest en uit die tests blijkt dat de specificaties van de fabrikant vrij aardig kloppen. Wij hebben, zie figuur 3/18.4-2, een 60 W gloeilamp aangesloten op de WSN9000 “1000 VA Wechselspannungs Netzteil” van ELV. De lamp verbruikte, bij een voedingsspanning van 229 V, een vermogen van 62 W. Nadien hebben wij de EcoDapt spaarfitting tussengeschakeld en toen bleek het vermogensverbruik gedaald tot 51 W. Een besparing van 11 W oftewel 19,35 %!



Figuur 3/18.4-2: De EcoDapt spaarfitting op de pijnbank in het lab.

18.4 Elektriciteit besparen met het PowerSafer-principe

Dat is mooi, maar zegt op zich nog steeds niets. Ieder lichtdimmer kan immers hetzelfde verhaal vertellen. Belangrijk is hoeveel licht er uit een EcoDapt-gestuurde gloeilamp komt. Dat hebben wij ook getest, zie figuur 3/18.4-3, aan de hand van een Lux-meter van Capital. De bovenste foto geeft de meetresultaten zonder EcoDapt, de onderste foto mét. De naald van de meter staat vrijwel op dezelfde plaats.



Figuur 3/18.4-3: Resultaat van de lichtmeting mét en zonder EcoDapt fitting.

De werking

De netspanning die uw gloeilampen voedt is een wisselspanning, die 100 keer per seconde even gelijk wordt aan 0 V. De lamp verbruikt dan geen vermogen, zie bovenste foto in figuur 3/18.4-4. De EcoDapt spaarfitting maakt de tijd dat de netspanning nul is en de lamp dus geen vermogen verbruikt iets langer, zie onderste foto. U merkt er niets van, maar de lamp wordt bovendien minder warm en gaat daardoor veel langer mee. Dit principe is uiteraard niet uniek, want iedere lampdimmer werkt op deze manier. Het unieke is dat de ontwerpers van de EcoDapt spaarfitting de elektronica zo geminiaturiseerd hebben dat de schakeling in een lampfitting past.



Figuur 3/18.4-4: De werking van de EcoDapt spaarfitting berust op het dimmerprincipe.

Prijs

De EcoDapt spaarfitting kost € 4,19 ex. 19 % BTW.

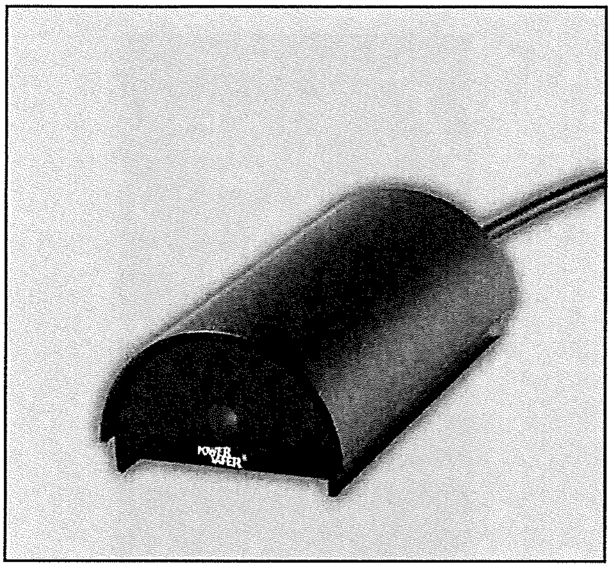
PowerSafer PS 1.1

De luxe van uw luie TV-stoel zonder stand-by verbruik

Als u uw TV met de afstandsbediening op stand-by zet, verbruikt het apparaat nog steeds heel wat vermogen. Schakel de PowerSafer PS 1.1, zie figuur 3/18.4-5, tussen uw TV en het stopcontact en deze geldverspilling is voorbij! De

18.4 Elektriciteit besparen met het PowerSafer-principe

PowerSafer PS 1.1 begrijpt de signalen van uw afstandsbediening en schakelt uw TV helemaal uit als u op de stand-by toets drukt. Weer TV kijken? Als u op een zendertoets drukt weet de PowerSafer PS 1.1 dat u TV wilt kijken en schakelt uw TV weer in.

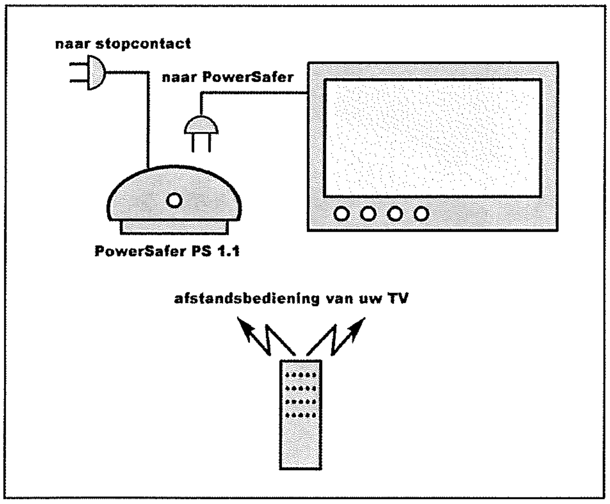


Figuur 3/18.4-5: De PowerSafer PS 1.1 schakelt de stand-by functie van uw TV uit.

Aansluiten kinderlijk eenvoudig

Het aansluiten van de PS 1.1 is toegelicht in figuur 3/18.4-6.

- Zet uw TV uit met de AAN/UIT schakelaar op het apparaat.
- Steek de stekker van uw TV in de contactdoos van de PowerSafer PS 1.1.
- Steek de stekker van de PowerSafer PS 1.1 in het stopcontact.
- De PowerSafer PS 1.1 en uw afstandsbediening moeten elkaar "kunnen zien".
- Schakel uw TV in met de AAN/UIT schakelaar, het apparaat staan nu op stand-by.
- De groene LED op de PowerSafer PS 1.1 gaat branden.
- Druk nu op een zendertoets op uw afstandsbediening.
- De groene LED op de PowerSafer PS 1.1 gaat uit.
- Bij sommige merken TV's moet u nu nogmaals op de zendertoets drukken.
- Uw TV gaat aan.
- TV kijken beu? Druk op de UIT toets van uw afstandsbediening.
- De TV gaat naar stand-by, de groene LED op de PowerSafer PS 1.1 gaat branden.
- Even later schakelt de PowerSafer PS 1.1 uw TV volledig uit, de groene LED dooft, uw TV verbruikt géén stroom.



Figuur 3/18.4-6: Het aansluiten van de PowerSafer PS 1.1.

De werking

De PowerSafer PS 1.1 meet het vermogen dat uw TV verbruikt. Als dit opeens kleiner wordt dan 25 W besluit de PowerSafer PS 1.1 dat u op de stand-by knop van uw afstandsbediening heeft gedrukt. De PowerSafer PS 1.1 schakelt uw TV volledig uit. Gaat u weer TV kijken en drukt u op een toets van uw afstandsbediening, dan ontvangt de PowerSafer PS 1.1 de infrarode code die uw afstandsbediening uitzendt en schakelt uw TV in.

18.4 Elektriciteit besparen met het PowerSafer-principe

Belangrijk!
De PowerSafer PS 1.1 werkt niet met oude TV's die een stand-by vermogen van meer dan 25 W verbruiken en met kleine TV's die in de actieve toestand minder dan 25 W verbruiken. Gebruik in deze gevallen de PowerSafer PS 3.X.
De PowerSafer PS 1.1 werkt niet bij TV-merken waarvan de afstandsbediening niet infrarood werkt, maar door middel van radiogolven, zoals Bang & Olufsen.

Technische gegevens
In de tabel van figuur 3/18.4-7 zijn de technische gegevens van de PowerSafer PS 1.1 samengevat.

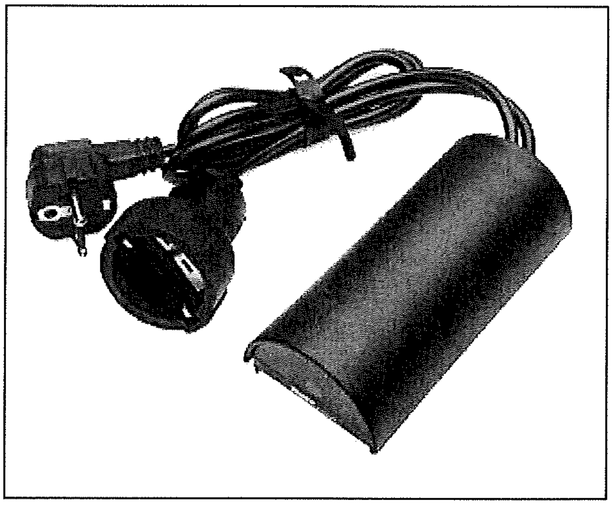
Afmetingen	15 x 5,0 x 7,5 cm
Aansluitspanning	230 V wisselspanning
Maximaal schakelvermogen	460 W
Gemiddeld stand-by vermogenverbruik standaard TV	15 W
Vermogenverbruik PowerSafer PS 1.1	0,3 W
Gemiddelde stand-by tijd TV	20 uur per dag
Vermindering energieverbruik door PowerSafer PS 1.1	107,31 kWh per jaar
Gehanteerd elektriciteitstarief	€ 0,15 per kWh
Besparing door PowerSafer PS 1.1	€ 16,10 per jaar
Gehanteerde CO_2 uitstoot	0,6 kg/kWh
CO_2 reductie door PowerSafer PS 1.1	64,39 kg per jaar

Figuur 3/18.4-7: De technische gegevens van de PS 1.1.

Prijs
De PowerSafer PS 1.1 kost € 20,97 ex. 19 % BTW.

PowerSafer PS 3.X

De instelbare PS 1.1
De PS 1.1 is standaard ingesteld op een drempelvermogen van 25 W. Goed voor een standaard TV, maar te weinig als u uw volledig home cinema systeem er op wilt aansluiten. Daarvoor heeft PowerSafer de PS 3.X ontwikkeld, een apparaatje dat volledig identiek werkt als de PS 1.1, maar waar u de schakeldrempel van het vermogen kunt instellen met een potentiometertje. Op deze manier kunt u het apparaat instellen op het gezamenlijk stand-by verbruik van uw volledige installatie. De PS 3.x ziet er, zie figuur 3/18.4-8, vrijwel identiek uit, het enige verschil zijn de stevige stekker en contrastekker en een knopje op de onderzijde.



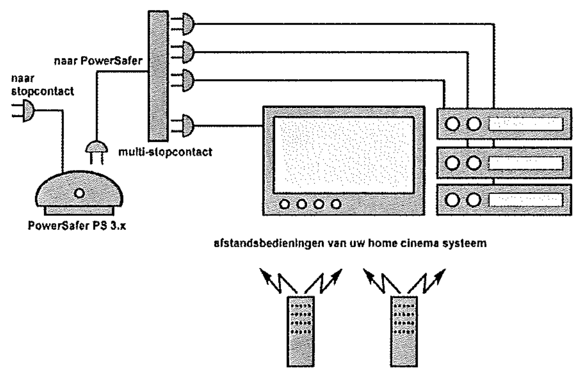
Figuur 3/18.4-8: De PowerSafer PS 3.X.

Aansluiten en afregelen
Het installeren van de PS 3.X is iets ingewikkelder, zie figuur 3/18.4-9.

- Zet alle apparaten van uw systeem uit met de AAN/UIT schakelaars.
- Steek de stekker van de PowerSafer PS 3.X in het stopcontact.
- Verbind de uitgang van de PowerSafer PS 3.X met een multi stekkerdoos.
- Steek alle netstekkers van uw home cinema systeem in deze stekkerdoos.
- De PowerSafer PS 3.X en uw afstandsbedieningen moeten elkaar “kunnen zien”.

18.4 Elektriciteit besparen met het PowerSafer-principe

- Schakel alle aangesloten apparaten in met de AAN/UIT schakelaars, alle apparaten staan nu op stand-by.
- De groene LED op de PowerSafer PS 3.X gaat branden.
- Schakel één apparaat in met de afstandsbediening.
- Draai nu aan de knop op de bodem van uw PowerSafer PS 3.X tot de groene LED dooft.
- Druk op de UIT knop op uw afstandsbediening.
- Het apparaat gaat uiteraard in de stand-by toestand, de groene LED op de PowerSafer PS 3.X gaat branden.
- Een paar seconden later worden alle apparaten door de PowerSafer PS 3.X uitgeschakeld.
- De groene LED gaat uit.



Figuur 3/18.4-9: Het opnemen van de PS 3.X in uw installatie.

De werking

De PowerSafer PS 3.X meet het vermogen dat uw installatie verbruikt. Met de knop op de bodem van de PowerSafer PS 3.X stelt u het apparaatje in op het totale stand-by vermogen van uw systeem. Als het opgenomen vermogen opeens daalt tot deze waarde besluit de PowerSafer PS 3.X dat u op de stand-by knop van uw afstandsbediening heeft gedrukt. De PowerSafer PS 3.X schakelt uw installatie volledig uit. Gaat u weer naar een film kijken en drukt u op een toets van uw afstandsbediening, dan ontvangt de PowerSafer PS 3.X de infrarode code die uw afstandsbediening uitzendt en schakelt uw home cinema systeem in.

Belangrijk!

De PowerSafer PS 3.X werkt niet bij TV-merken waarvan de afstandsbediening niet infrarood werkt, maar door middel van radiogolven, zoals Bang & Olufsen.
Sommige apparaten met een klok en/of geheugen voor programmering hebben geen accu (oude videorecorders). Deze apparaten zijn niet geschikt voor een systeem met een PowerSafer PS 3.X. De datum, tijd en opgeslagen gegevens gaan dan verloren.

Technische gegevens

De specificaties van de PowerSafer 3.X zijn samengevat in de tabel van figuur 3/18.4-10.

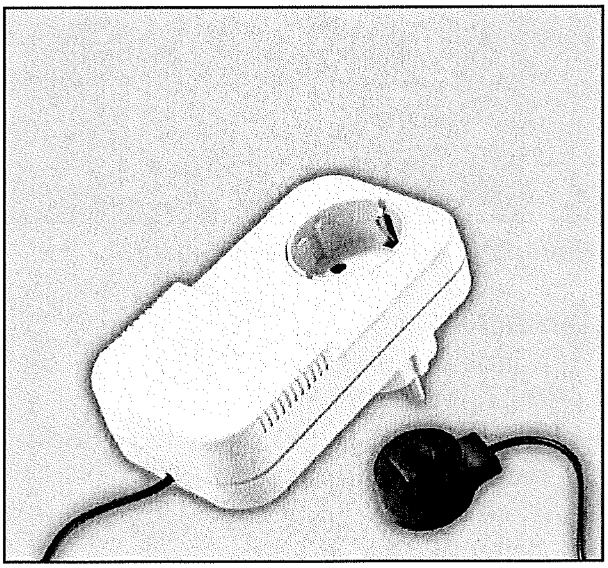
Afmetingen	15 x 5,0 x 7,5 cm
Aansluitspanning	230 V wisselspanning
Maximaal schakelvermogen	460 W
Gemiddeld stand-by vermogenverbruik standaard TV	15 W
Gemiddeld stand-by vermogenverbruik HiFi-systeem	10 W
Gemiddeld stand-by vermogenverbruik satelliet ontvanger	28 W
Vermogenverbruik PowerSafer PS 3.X	0,3 W
Gemiddelde stand-by tijd home cinema systeem	20 uur per dag
Vermindering energieverbruik door PowerSafer PS 3.X	395,66 kWh per jaar
Gehanteerd elektriciteitstarief	€ 0,15 per kWh
Besparing door PowerSafer PS 3.X	€ 59,35 per jaar
Gehanteerde CO_2 uitstoot	0,6 kg/kWh
CO_2 reductie door PowerSafer PS 3.X	237,4 kg per jaar

Figuur 3/18.4-10: De gegevens van de PowerSafer 3.X.

Prijs
De PowerSafer PS 3.X is te koop voor € 29,37 ex. 19 % BTW.

PowerSafer TS 1

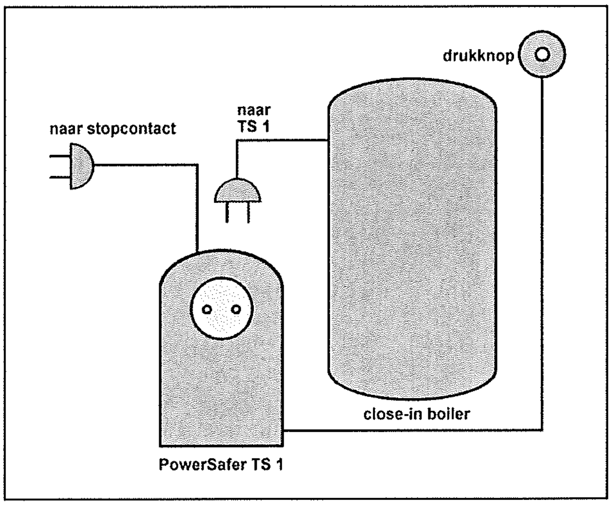
De luxe van snel warm water zonder overbodige kosten
Close-in boilers zijn handige apparaten, die u binnen de seconde warm water in de keuken geven. Echter, zo'n apparaat staat 24 uur per dag aan en verbruikt onnodig veel energie. U zou natuurlijk het apparaat kunnen in- en uitschakelen, maar meestal zijn dergelijke apparaten zo onhandig ingebouwd, dat dit tóch niet gebeurt. Schakel een PowerSafer TS 1 tussen de netspanning en uw boiler en alle problemen worden comfortabel opgelost.



Figuur 3/18.4-11: De PowerSafer TS 1.

De werking van de PowerSafer TS 1, zie figuur 3/18.4-11, is de eenvoud zelve. Het apparaat schakelt u tussen het stopcontact en de netstekker van uw close-in boiler. Bevestig de zelfklevende drukknop op een gemakkelijke plaats. Warm water nodig? Druk even op de drukknop en de PowerSafer TS 1 schakelt uw close-in boiler in.
Als het water op temperatuur is zoemt de PowerSafer TS 1 en schakelt uw close-in boiler uit. U kunt nu warm water tappen, maar uw boiler verbruikt geen energie. Uw close-in boiler verbruikt dus alleen energie als u warm water nodig heeft.

Aansluiten en installeren
Het installeren van een TS 1 is kinderlijk eenvoudig, zie figuur 3/18.4-12.



Figuur 3/18.4-12: Het installeren van een TS 1.

- Schakel uw close-in boiler uit en trek de stekker uit het stopcontact.
- Steek de PowerSafer TS 1 in het stopcontact.
- Steek de netstekker van uw boiler in de PowerSafer TS 1.
- Monteer de drukknop van de PowerSafer TS 1 op een handige plaats.
- De drukknop is voorzien van een zelfklevende laag, schroeven is niet eens noodzakelijk.
- Werk de draad naar de drukknop netjes weg.
- Schakel uw boiler weer aan.

- Druk op de knop als u warm water nodig heeft.

Technische gegevens
De technische specificaties van de TS 1 zijn samengevat in de tabel van figuur 3/18.4-13.

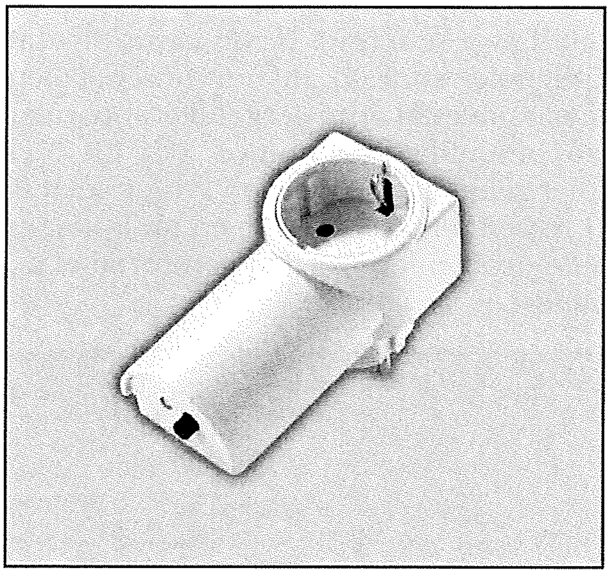
Afmetingen	12,5 x 7,0 x 3,0 cm
Aansluitspanning	230 V wisselspanning
Maximaal schakelvermogen	2.000 W
Gemiddeld stand-by vermogenverbruik close-in boiler	15 W
Vermogenverbruik PowerSafer TS 1	0,3 W
Gemiddelde stand-by tijd boiler	20 uur per dag
Vermindering energieverbruik door PowerSafer TS 1	135,58 kWh per jaar
Gehanteerd elektriciteitstarief	€ 0,15 per kWh
Besparing door PowerSafer TS 1	€ 20,34 per jaar
Gehanteerde CO_2 uitstoot	0,6 kg/kWh
CO_2 reductie door PowerSafer TS 1	81,35 kg per jaar

Figuur 3/18.4-13: Technische specificaties van de TS 1.

Prijs
De PowerSafer TS 1 kost € 31,89 ex. 19 % BTW.

PowerSafer NC 1

Schakel uw netstekker voedingen alleen in als het noodzakelijk is
Radio's, lampen, acculaders, printers, vrijwel de helft van de elektronische apparatuur in uw huis werkt tegenwoordig met een netstekker voeding. Die netstekker voedingen verbruiken wél 24 uur per dag stroom, of het apparaat nu ingeschakeld is of niet. Met de PowerSafer NC 1 kunt u dat energieverlies op een heel eenvoudige manier voorkomen.
Schakel de PowerSafer NC 1, zie figuur 3/18.4-14, tussen een stopcontact en een netstekker voeding. De PowerSafer NC 1 meet om de zeven seconde of u het apparaat dat door de netstekker voeding wordt gevoed heeft ingeschakeld. Is dat het geval, dan schakelt de PowerSafer NC 1 de netstekker voeding in en gaat het apparaat werken. Is dat niet het geval, dan houdt de PowerSafer NC 1 de netstekker voeding uitgeschakeld, zodat u geen cent onnodig vermogen verbruikt.

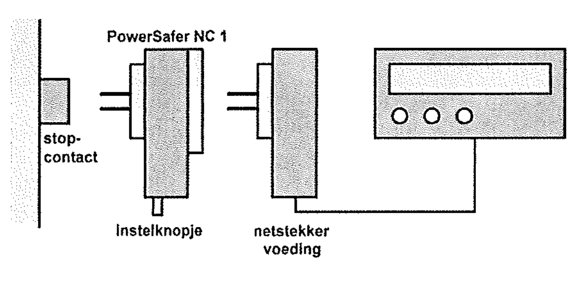


Figuur 3/18.4-14: De PowerSafer NC 1.

Aansluiten
Het aansluiten van een NC 1 is voorgesteld in figuur 3/18.4-15.
- Schakel het op de netstekker voeding aangesloten apparaat uit.
- Steek de PowerSafer NC 1 in het stopcontact.
- Draai de regelknop aan de onderzijde volledig linksom.
- Steek de netstekker voeding in de PowerSafer NC 1.
- Na ongeveer zeven seconde gaat de groene LED branden, het apparaatje is nu "on-line".

18.4 Elektriciteit besparen met het PowerSafer-principe

- Draai de regelknop naar rechts tot de LED dooft.
- Schakel het apparaat in.
- Even later schakelt de PowerSafer NC 1 de netstekker voeding in.
- Het apparaat werkt nu normaal.



Figuur 3/18.4-15: Het aansluiten van de PowerSafer NC 1.

De werking
De PowerSaver NC 1 schakelt iedere zeven seconde de netstekker voeding heel even in en meet hoeveel vermogen de netstekker voeding verbruikt. Is dat lager dan de met de regelknop ingestelde drempel, dan weet de PowerSaver NC 1 dat het op de voeding aangesloten apparaat is uitgeschakeld. Verbruikt de netstekker voeding meer vermogen, dan weet de PowerSaver NC 1 dat u het apparaat heeft ingeschakeld. De PowerSaver NC 1 schakelt de netstekker voeding in, het apparaat gaat werken. Omdat de PowerSaver NC 1 maar iedere zeven seconde deze meting verricht, kan er dus een vertraging van maximaal zeven seconde optreden tussen het bedienen van de schakelaar en het inschakelen van het apparaat. U kunt op de PowerSaver NC 1 een multi stekkerdoos aansluiten en diverse netstekker voedingen met één PowerSaver NC 1 controleren. Als u dan één apparaat inschakelt, gaan alle netstekker voedingen werken.

Technische gegevens
De technische specificaties van de PowerSafer NC 1 zijn samengevat in de tabel van figuur 3/18.4-16.

Afmetingen	10,0 x 5,0 x 6,5 cm
Aansluitspanning	230 V wisselspanning
Maximaal schakelvermogen	150 W
Gemiddeld stand-by vermogenverbruik netstekker voeding	7 W
Vermogenverbruik PowerSafer NC 1	0,3 W
Gemiddelde stand-by tijd netstekker voeding	20 uur per dag
Vermindering energieverbruik door PowerSafer NC 1	54,75 kWh per jaar
Gehanteerd elektriciteitstarief	€ 0,15 per kWh
Besparing door PowerSafer NC 1	€ 8,21 per jaar
Gehanteerde CO_2 uitstoot	0,6 kg/kWh
CO_2 reductie door PowerSafer NC 1	32,85 kg per jaar

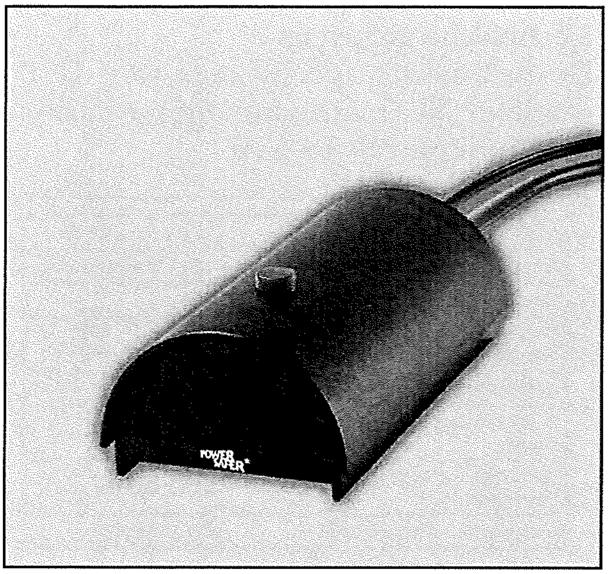
Figuur 3/18.4-16: De technische specificaties van de PowerSafer NC 1.

Prijs
De NC 1 kost € 13,40 ex. 19 % BTW.

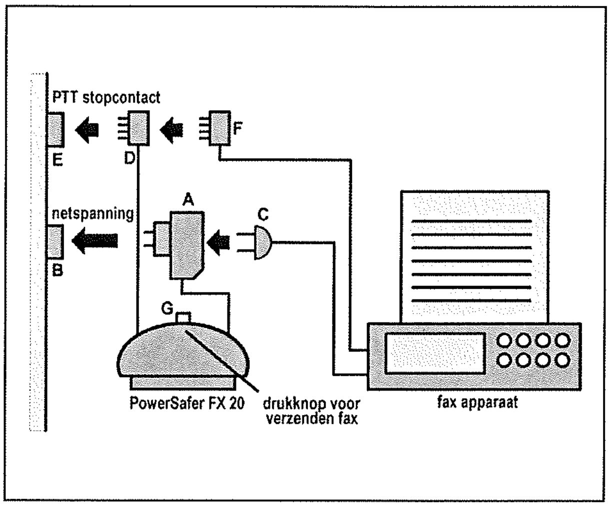
PowerSafer FX 20

Schakel uw faxapparaat alleen in als het noodzakelijk is
Uw fax verbruikt 24 uur per dag ongeveer 40 W, maar is hooguit een uur per dag écht actief.
Met de PowerSafer FX 20 schakelt u uw fax alleen in als een faxbericht wordt ontvangen of als een faxbericht wordt verzonden. De PowerSafer FX 20, zie figuur 3/18.4-17, werkt volledig automatisch en detecteert via de PTT-lijn de ontvangst van een fax. Het intelligente apparaat zet uw fax bovendien tien minuten per twaalf uur aan om de interne accu op te laden, zodat de instellingen van uw fax (zoals het telefoonboek!) niet verloren gaan.

18.4 Elektriciteit besparen met het PowerSafer-principe



Figuur 3/18.4-17: De PowerSafer FX 20.



Figuur 3/18.4-18: Het installeren van een PowerSafer FX 20.

Installeren

Het installeren van de FX 20 is voorgesteld in figuur 3/18.4-18.

- Steek de combi netstekker (A) van de FX 20 in het stopcontact (B).
- Steek de netstekker (C) van uw fax in de combi netstekker (A) van de PowerSafer FX 20.
- Steek de meegeleverde telefoon adapter (D) in de telefoon aansluiting (E).
- Plug de telefoonkabel van de PowerSafer FX 20 in de adapter (D).
- Plug de telefoon stekker (F) van uw fax in (D).
- Fax versturen? Druk even op de drukknop (G) en verstuur uw fax.

De werking

De PowerSafer FX 20 detecteert het ontvangen van een fax aan de hand van de belsignalen die de PTT op de telefoonkabel zet. Op dat moment schakelt de PowerSafer FX 20 uw fax tien minuten in, zodat zelfs een hele set faxen zonder problemen wordt ontvangen. Na die tien minuten schakelt de PowerSafer FX 20 uw fax weer uit.

Als u op de drukknop drukt schakelt de PowerSafer FX 20 uw fax weer voor tien minuten in, zodat u op een normale manier faxen kunt versturen. Om de accu in uw fax opgeladen te houden, schakelt de PowerSafer FX 20 uw fax iedere twaalf uur automatisch tien minuten in.

Afmetingen	13,0 x 6,5 x 4,0 cm
Aansluitspanning	230 V wisselspanning
Maximaal schakelvermogen	250 W
Gemiddeld stand-by vermogenverbruik faxapparaat	40 W
Vermogenverbruik PowerSafer FX 20	0,5 W
Gemiddelde stand-by tijd faxapparaat	23 uur per dag
Vermindering energieverbruik door PowerSafer FX 20	331,6 kWh per jaar
Gehanteerd elektriciteitstarief	€ 0,15 per kWh
Besparing door PowerSafer FX 20	€ 49,74 per jaar
Gehanteerde CO_2 uitstoot	0,6 kg/kWh
CO_2 reductie door PowerSafer FX 20	198,96 kg per jaar

Figuur 3/18.4-19: Technische gegevens van de FX 20.

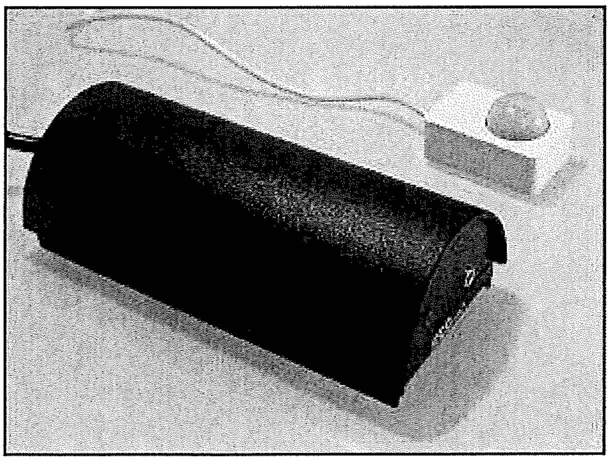
Technische gegevens

De technische specificaties van de PowerSafer FX 20 zijn samengevat in de tabel van figuur 3/18.4-19.

Prijs
De PowerSafer FX 20 kost € 41,97 ex. 19 % BTW.

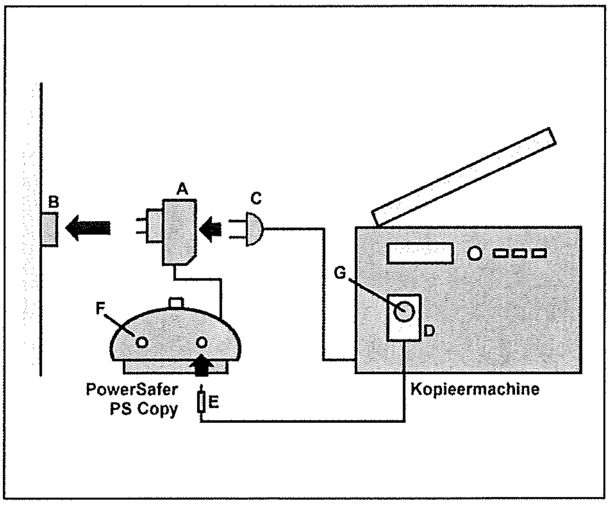
PowerSafer PS Copy

Schakel uw kopieermachine alleen in als het noodzakelijk is
Uw kopieermachine staat waarschijnlijk de hele dag aan. Weliswaar op de spaarstand, maar ook dán verbruikt het apparaat gemiddeld 220 W. Met de PowerSafer PS Copy, zie figuur 3/18.4-20, kunt u heel wat energie besparen. Met een meegeleverde bewegingssensor die u op uw kopieermachine plakt of op de deur van de kopieerkamer registreert de PowerSafer PS Copy kopieerbehoefte. Als u in de buurt van uw kopieermachine komt, schakelt het apparaat automatisch in. Uw kopieermachine gaat na een instelbare tijd automatisch weer uit.



Figuur 3/18.4-20: De PowerSafer PS Copy.

Installeren en aansluiten
Het installeren van een PS Copy is voorgesteld in figuur 3/18.4-21.
- Steek de combi netstekker (A) van de PowerSafer PS Copy in het stopcontact (B).
- Steek de netstekker (C) van uw kopieermachine in de combi netstekker (A) van de PS Copy.
- Kleef de meegeleverde bewegingssensor (D) op uw kopieermachine.
- Plug de stekker (E) van de sensor in de PowerSafer PS Copy.
- Met de instelschroef (F) stelt u de AAN-tijd van uw kopieermachine in tussen een minuut en een uur.
- Met de instelschroef (G) stelt u de gevoeligheid van de bewegingssensor in.



Figuur 3/18.4-21: Het installeren van de PowerSafer PS Copy.

De werking
De bewegingssensor van de PowerSaver PS Copy registreert personen die in de buurt van uw kopieermachine komen. Als een persoon wordt geregistreerd, schakelt de PowerSaver PS Copy uw kopieermachine in. Na de opwarmtijd kunt u kopiëren. Na een instelbare tijd schakelt de PowerSaver PS Copy uw kopieermachine weer uit.

Technische gegevens
De specificaties van de PS Copy zijn samengevat in de tabel van figuur 3/18.4-22.

18.4 Elektriciteit besparen met het PowerSafer-principe

Afmetingen	13,0 x 6,5 x 4,0 cm
Aansluitspanning	230 V wisselspanning
Maximaal schakelvermogen	2.300 W
Gemiddeld stand-by vermogenverbruik kopieermachine	220 W
Vermogenverbruik PowerSafer PS Copy	0,3 W
Gemiddelde stand-by tijd kopieermachine	7,6 uur per dag
Vermindering energieverbruik door PowerSafer PS Copy	421,01 kWh per jaar
Gehanteerd elektriciteitstarief	€ 0,15 per kWh
Besparing door PowerSafer PS Copy	€ 63,60 per jaar
Gehanteerde CO_2 uitstoot	0,6 kg/kWh
CO_2 reductie door PowerSafer PS Copy	252,61 kg per jaar

Figuur 3/18.4-22: De technische gegevens van de PowerSafer PS Copy.

Prijs

De PowerSafer PS Copy kost € 41,98 ex. 19 % BTW.

Nadere gegevens

Fabrikant

De PowerSafer apparaten zijn ontwikkeld door:
D-i-K PowerSafer Energiespartechnik GmbH
Mülheimer Straße 49
D-40878 Ratingen, B.R.D.
Tel: +49 (0)2102-86.150
Fax: +49 (0)2102-86.1533
E-mail: info@powersafer.de
Internet: www.powersafer.de

Leverancier Benelux

De PowerSafer apparaten worden onder andere per postorder verkocht door:
Vego VOF
Postbus 32.014, 6370 JA Landgraaf (NL)
Tel: 045-533.22.00
Fax: 045-533.22.02
E-mail: vego_vof@compuserve.com
Internet: www.vego.nl/powersafer

3/18.5

Energie besparen met T5 verlichting

De T5 buis

Van T12 of T8 naar T5

In de Nederlandse en Belgische bedrijven en kantoren hangen miljoenen TL armaturen, die in de meeste gevallen nog steeds zijn voorzien van oude T12 of T8 buizen. Deze buizen worden op de bekende manier uit de 230 V netspanning gevoed via een ballast en een starter. In principe kunt u heel wat energie bezuinigen door om te schakelen naar de moderne T5 buizen. Echter, deze buizen zijn korter en dunner dan hun T12 en T8 collegae (zie figuur 3/18.5-1) en passen dus niet zonder meer in uw armaturen.

Zij werken bovendien volgens een andere technologie: zij moeten namelijk via een zogenoemd "EVA", een "Elektronisch Voorschakel Apparaat", van hoogfrequente spanning worden voorzien. Zij hebben bovendien geen starter.

Uiteraard bestaan er kant-en-klare armaturen voor T5 buizen. Het omschakelen van T12/T8 naar T5 is dan een zeer dure grap. U moet al uw bestaande T12/T8 armaturen van muren en plafonds slopen en vervangen door de nieuwe T5 armaturen. Omdat deze kleiner zijn moet u vaak ook nog eens geld gaan uitgeven aan schilderwerk omdat de omtrekken van de oude armaturen in de meeste gevallen zichtbaar blijven op uw oud schilderwerk.

Ombouwset's

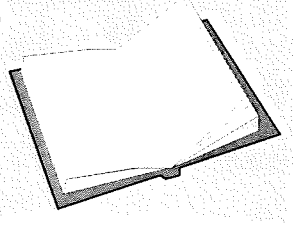
Gelukkig brengen diverse fabrikanten ombouwset's in de handel, waarmee u de nieuwe kleinere T5 buizen in uw oude armaturen kunt gebruiken. De totale kosten van het omschakelen naar T5 worden daardoor geminimaliseerd.

De afmetingen van T5

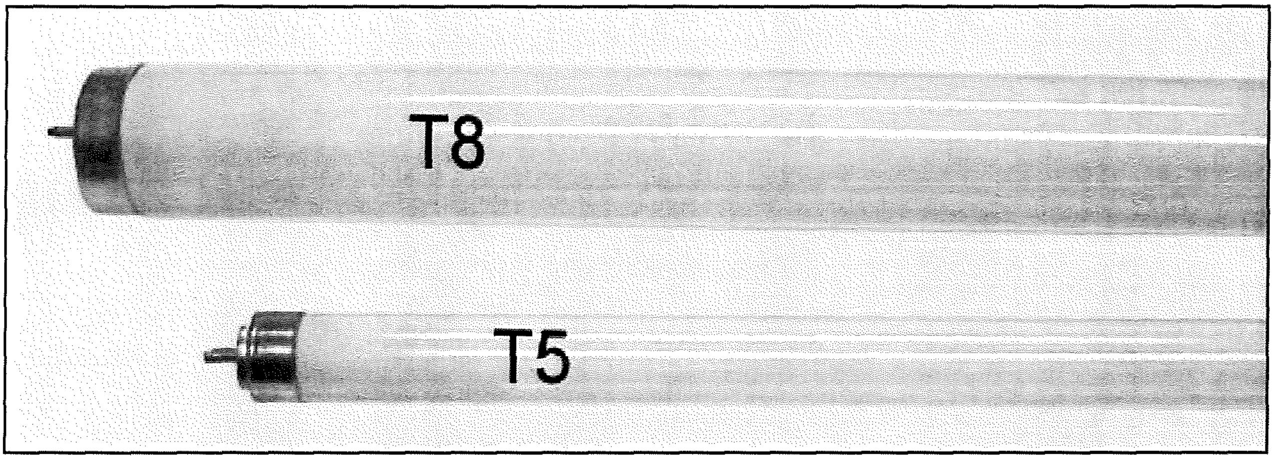
In vergelijking met de oude T8 buizen zijn de nieuwe T5 buizen niet alleen korter, maar ook dunner. T8 buizen hebben een diameter van 26 mm, T5 hebben een diameter van slechts 16 mm. Die diameters zijn gestandaardiseerd. In figuur 3/18.5-2 hebben wij een overzicht gegeven van de diameters van alle fluorescentie buizen volgens de T-standaard.

LEES OOK:

Hoofdstuk 4/15.2
Hoofdstuk 4/15.4
Hoofdstuk 4/15.11
Hoofdstuk 4/15.16



18.5 Energie besparen met T5 verlichting



Figuur 3/18.5-1: Vergelijking van een oude T8 buis met de moderne T5 soortgenoot.

Op zich is die kleinere diameter natuurlijk geen probleem, maar anders is het gesteld met de lengte van de buizen. De fabrikanten hebben de T5 buizen bewust ongeveer vijf centimeter korter gemaakt dan hun T8 soortgenoten, zodat u nooit een T5 buis in een T8 armatuur kunt monteren. Dat mag niet, vanwege de reeds genoemde andere aansturing van de T5 buizen. In de tabel van figuur 3/18.5-3 ziet u de vier gestandaardiseerde lengtes van T5 buizen. Uiteraard is de lengte afhankelijk van het vermogen van de buizen.

CODE	DIAMETER
T2	7 mm
T3	9 mm
T4	13 mm
T5	16 mm
T8	26 mm
T9	30 mm
T12	38 mm

Figuur 3/18.5-2: De gestandaardiseerde diameters van TL-buizen.

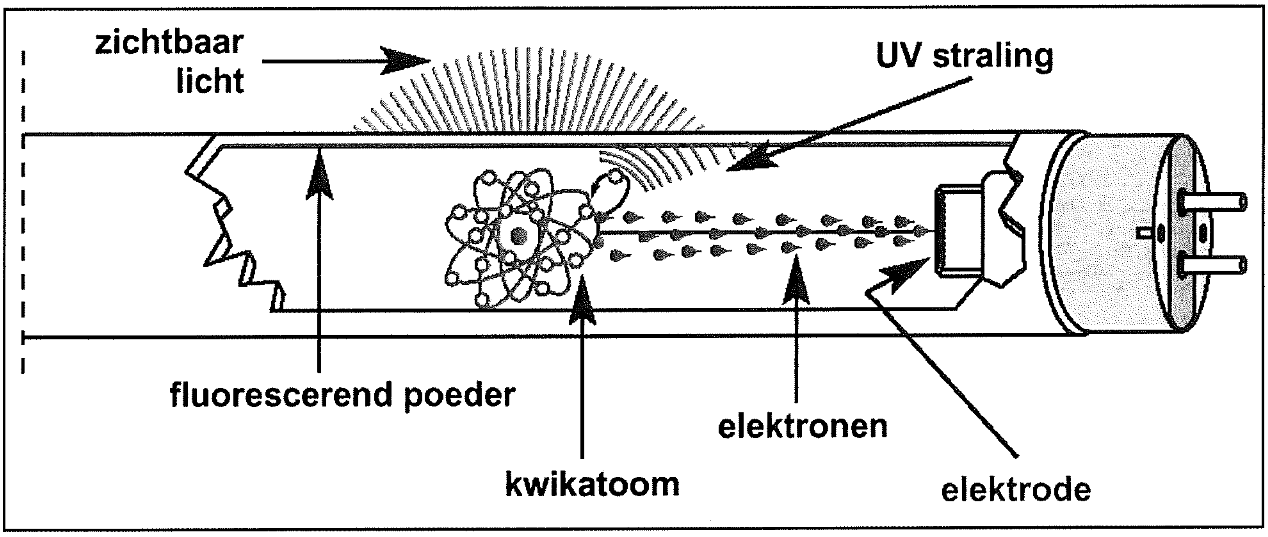
VERMOGEN	LENGTE
HE: 14 W, HO; 24 W	549 mm
HE: 21 W, HO: 39 W	849 mm
HE: 28 W, HO: 54 W	1.149 mm
HE: 35 W, HO: 49 W	1.449 mm

Figuur 3/18.5-3: De gestandaardiseerde lengtes van de nieuwe T5 buizen.

De technologie van T5

T5 buizen werken, zoals alle TL-buizen, volgens het fluorescentie principe. In de buis is een beetje gasvormig kwik aanwezig in een inert gas onder lage druk. Als de buis wordt ingeschakeld, zullen gloeidraden links en rechts in de buis dit kwik verhitten en elektronen uitstralen, zie figuur 3/18.5-4, zodat het kwik gemakkelijk kan worden geëxiteerd. De kwikdamp verspreid zich bovendien door de buis waardoor de inwendige weerstand van de buis gaat dalen. Door het verhitten van het kwik neemt de elektronenstroom door de buis toe. Op een bepaald moment vloeien de elektronen met zo'n hoge snelheid door de buis dat zij in

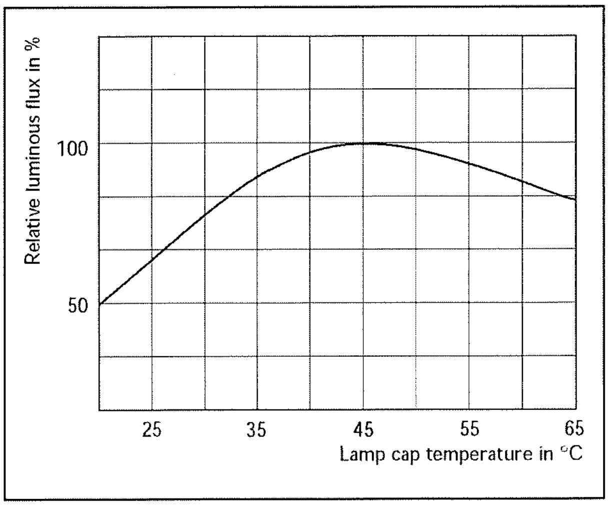
18.5 Energie besparen met T5 verlichting



Figuur 3/18.5-4: De werking van een kwikgevulde gasontladingsbuis.

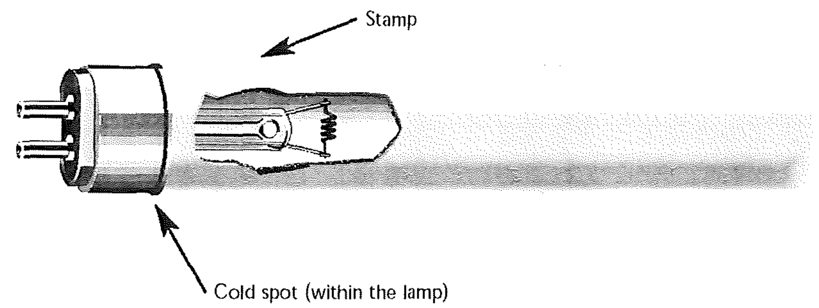
staat zijn de kwikatomen te exiteren. Bij dit proces, waar we verder in dit hoofdstuk wat dieper op ingaan, gaan de kwikatomen ultraviolette straling uitzenden. Deze straling verspreid zich door de buis en bereikt uiteraard ook de glazen wand van de buis. Deze wand is aan de binnenzijde voorzien van een menging van fluorescerende poeders. Deze zetten de ultraviolette straling om in zichtbaar licht. Tot zover niets nieuws.
Het nieuwe is de fluorescerende laag op de binnenzijde van de buis. Deze is samengesteld uit drie poeders, vandaar dat men spreekt over “tri-phosfor coating”. Deze laag heeft een aantal spectaculaire eigenschappen, waaruit zich de voordelen van het gebruik van T5 verlichting laten verklaren.

Cold-spot technologie
Een ander zeer fundamenteel verschil met de traditionele T12 en T8 buizen is dat een T5 buis werkt volgens het zogenoemde “cold spot” principe. De lichtemissie van een lage druk kwikdamp lamp is afhankelijk van de kwikdruk in de buis. Deze druk is weer afhankelijk van de temperatuur van de koudste plek in de buis. Uit experimenten is gebleken dat een kwikdamp buis een maximaal rendement heeft als de temperatuur van de koudste plek in de buis gelijk is aan 45 °C, zie figuur 3/18.5-5. Om dit te realiseren heeft men één uiteinde van de buis uitgevoerd als “koude kamer”, zie figuur 3/18.5-6.



Figuur 3/18.5-5: Het verband tussen lichtopbrengst en de temperatuur van de koudste plek in de buis.

18.5 Energie besparen met T5 verlichting



Figuur 3/18.5-6: De constructie van de "koude kamer" aan een uiteinde van de T5 buis.

Deze koude kamer is gesitueerd aan het uiteinde van de buis waarop het typenummer is gestempeld. Een T5 buis is dus, in tegenstelling met haar T8 en T12 soortgenoten, niet helemaal symmetrisch van opbouw.

Voordelen van T5

Omschakelen naar de nieuwe T5 technologie heeft een groot aantal voordelen.

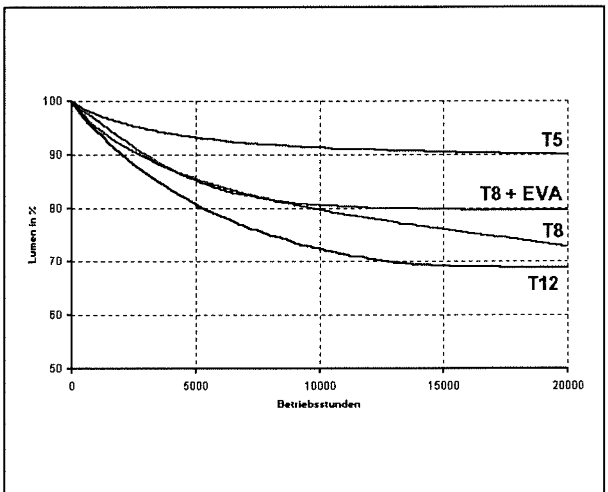
- Het rendement van de "tri-phosfor coating" is hoog, waardoor het grootste deel van de ultraviolette straling wordt omgezet in zichtbaar licht.
- Als gevolg hiervan heeft een T5 buis een veel hogere lichtopbrengst dan een T12 of T8 buis, een waarde van 104 lm/W is zonder meer te realiseren. U kunt dus buizen gebruiken met minder vermogen en tóch eenzelfde hoeveelheid licht genereren. Dit feit alleen al bespaart u ongeveer 8 % aan energie!
- Een T5 buis straalt erg weinig ultraviolette straling uit.
- De speciale samenstelling van de coating zorgt ervoor dat de lichtopbrengst ook op lange termijn vrij constant blijft. Na 10.000 branduren is de lichtemissie nog steeds gelijk aan 92 % van de nieuwwaarde. In figuur 3/18.5-7 hebben wij deze eigenschap vergeleken met deze van T12 en T8 buizen. Zelfs een T8 buis die wordt gevoed door een moderne elektronische ontsteekunit, een EVA, moet het op dit punt afleggen.
- Vanwege de starterloze aansturing met HF-spanning hebben de twee gloeidraden een veel langere levensduur. De levensduur van een T5 buis is dan ook aanzienlijk langer dan deze van een T12 of T8 buis, soms wel een factor drie!
- Omdat het voorschakelapparaat werkt volgens het "pre-heating" principe, waarbij eerst de twee gloeidraden worden opgewarmd tot er voldoende kwikdamp klaar is voor exitatie en nadien de ontsteekspanning over de buis wordt gezet, schakelen T5 buizen in zonder het irritante geknipper van rechtstreeks uit de 50 Hz netspanning gevoede buizen.
- De kleinere diameter heeft tot gevolg dat fabrikanten veel kleinere armaturen kunnen ontwerpen, zie figuur 3/18.5-8.
- Deze kleinere afmetingen met een veel kleinere reflector achter de buis hebben tot gevolg dat het uitgestraalde licht veel beter wordt geconcentreerd op een werkplek. Dit is voorgesteld in de grafieken van figuur 3/18.5-9. Boven ziet u de lichtuitstra-

18.5 Energie besparen met T5 verlichting

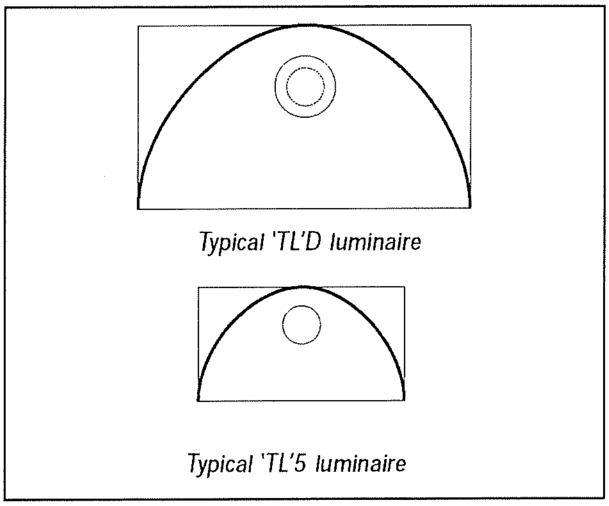
ling van een T8 buis, gemonteerd in een standaard armatuur, voorgesteld in functie van de uitstralingshoek. In de onderste grafiek zijn dezelfde gegevens voorgesteld voor een T5 buis. De lichtopbrengst, direct onder het armatuur (hoek = 0°) neemt met 25 % toe!

- Vanwege de voeding met hoogfrequente spanning rond 32 kHz hebben T5 buizen geen last van het 50 Hz geflikker. Hierdoor is er geen kans op het beruchte 50 Hz stroboscoop-effect, dus geen optische interferentie met draaiende machines.
- Dank zij de starterloze ontsteking met “pre-heater control” van de gloeidraden krijgt u steeds een optimale snelstart (minder dan 2 s), ook bij nadering van de levensduur.

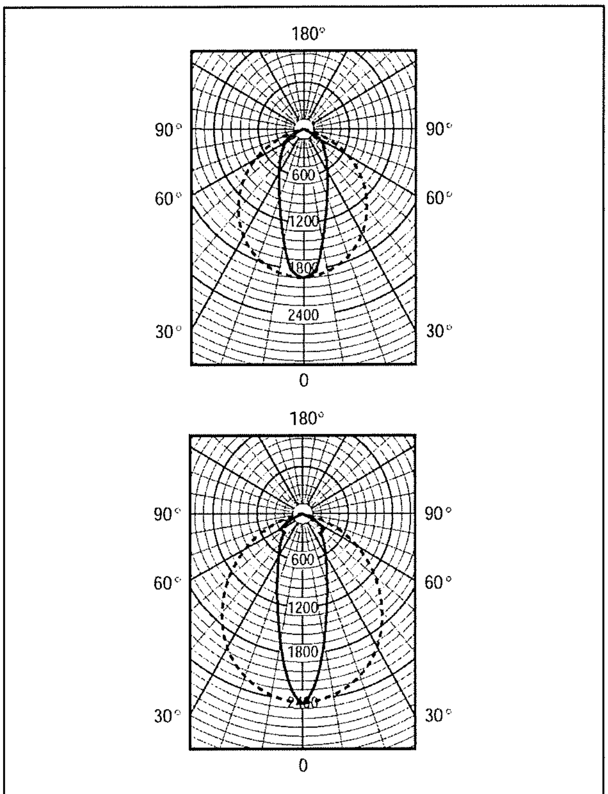
Als conclusie kunt u stellen dat u een energiebesparing van wel 30 % tot 60 % krijgt door hoge efficiëntie, meer lichtopbrengst en door minder verlies in de ballast. Een en ander is afhankelijk van het vermogen van de buis die u vervangt.



Figuur 3/18.5-7: De lichtopbrengst van de drie bekende typen T12, T8 en T5 vergeleken in relatie tot het aantal bedrijfsuren.



Figuur 3/18.5-8: Het verschil in afmetingen tussen een armatuur voor een T8 buis en een armatuur voor een T5 buis.



Figuur 3/18.5-9: De T5 armaturen concentreren het licht veel beter op de werkplek, waardoor u buizen met minder vermogen kunt toepassen.

18.5 Energie besparen met T5 verlichting

Soorten T5 buizen

De meeste fabrikanten brengen twee soorten T5 buizen op de markt:

- T5 HE:
  "HE" staat voor "High Efficiency". Deze buizen zijn speciaal ontwikkeld voor het vervangen van T8 buizen in kantoren en fabrieken. Het vermogen is aangepast aan het vermogen dat door nationale en internationale richtlijnen wordt voorgeschreven:
  - T5 HE 14 W;
  - T5 HE 21 W;
  - T5 HE 28 W;
  - T5 HE 35 W.
- T5 HO:
  "HO" staat voor "High Output". Deze buizen leveren, met dezelfde afmetingen als de HE-typen, meer vermogen en zijn bedoeld voor die plaatsen waar een hoge lichtflux noodzakelijk is:
  - T5 HO 24 W;
  - T5 HO 39 W;
  - T5 HO 49 W;
  - T5 HO 54 W;
  - T5 HO 80 W.

Elektrische specificaties van T5 buizen

Om te voldoen aan de eisen die tegenwoordig worden gesteld aan een product dat internationaal wordt verkocht, hebben de fabrikanten er voor gezorgd dat alle elektrische specificaties van de T5 buizen conform de relevante IEC specificaties zijn.

In de tabel van figuur 3/18.5-10 is de inwendige weerstand van de gloeidraden samengevat voor de diverse uitvoeringen. Uiteraard geldt deze weerstand alleen bij een bepaalde waarde van de stroom die door de gloeidraden vloeit, dit vanwege de temperatuurscoëfficiënt van het materiaal.

	I_{test} mA	rated R Ω	min. R Ω	max. R Ω
'TL'5 HE range	160	40	30	50
'TL'5 HO 24W	350	12	9	15
'TL'5 HO 39W	350	12	9	15
'TL'5 HO 54W	500	8	6	10
'TL'5 HO 49W	260	16,5	12,38	20,62
'TL'5 HO 80W	550	7	5,25	8,75

Figuur 3/18.5-10: De weerstand van de gloeidraden.

In de tabel van figuur 3/18.5-11 zijn de stromen samengevat die door de gloeidraden moeten vloeien volgens het pre-heating procédé. De waarde van deze stroom is uiteraard afhankelijk van de pre-heating periode. Hoe korter deze periode, hoe hoger de stroom moet zijn. Dat is logisch, want de pre-heating tijd is bedoeld voor het verspreiden en opwarmen van de kwikatomen door de buis en hoe korter de tijd, hoe heter de gloeidraden moeten worden gestookt om dat voor elkaar te krijgen.

Lamp type	Preheating current mA	Preheating time 0,5 s	1,0 s	1,5 s	2,0 s	3,0 s	Substitution resistor (R_{sub})
'TL'5 HE	min. (r.m.s.)	290	235	215	200	190	40 Ω
	max. (r.m.s.)	400	350	300	250	250	40 Ω
'TL'5 HO							
24W	min. (r.m.s.)	700	550	485	450	415	12 Ω
	max. (r.m.s.)	1175	1000	825	650	650	12 Ω
39W	min. (r.m.s.)	700	550	485	450	415	12 Ω
	max. (r.m.s.)	1175	1000	825	650	650	12 Ω
54W	min. (r.m.s.)	1090	860	770	720	665	8 Ω
	max. (r.m.s.)	1370	1210	1055	900	900	8 Ω
49W	min. (r.m.s.)	490	370	320	295	265	16,5 Ω
	max. (r.m.s.)	570	490	410	330	330	16,5 Ω
80W	min. (r.m.s)	1160	905	815	765	705	7 Ω
	max. (r.m.s.)	1365	1210	1055	900	900	7 Ω

Figuur 3/18.5-11: De voorgeschreven waarde van de stroom door de gloeidraden in functie van de pre-heating tijd.

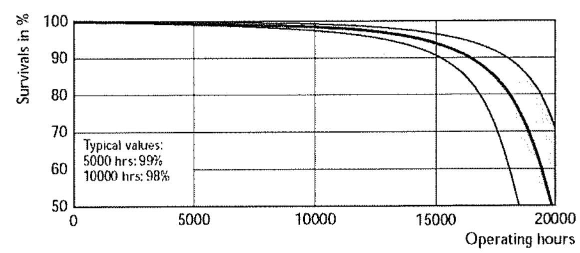
18.5 Energie besparen met T5 verlichting

In de tabel van figuur 3/18.5-12 zijn de noodzakelijke ontsteekspanningen samengevat die na de pre-heating periode over de buis moeten worden gezet om een flikkervrije ontsteking van de buis te garanderen. Uit deze tabel blijkt dat u voor de zwaarste T5 buis (80 W) een ontsteekspanning van 750 V moet genereren om er onder alle omstandigheden zeker van te zijn dat de buis ontsteekt.

Lamp type	Voltage	During preheating V	Ignition at 10 to 60 °C	Ignition at -15 to 60 °C	Substitution resistor (R_{sub})
'TL'5 HE					
14W	min. (r.m.s.)		230	275	40,0 Ω
	max.(r.m.s.)	130			40,0 Ω
21W	min. (r.m.s.)		340	390	40,0 Ω
	max.(r.m.s.)	200			40,0 Ω
28W	min. (r.m.s.)		425	530	40,0 Ω
	max.(r.m.s.)	240			40,0 Ω
35W	min. (r.m.s.)		530	700	40,0 Ω
	max.(r.m.s.)	275			40,0 Ω
'TL'5 HO					
24W	min. (r.m.s.)		280	350	12,0 Ω
	max.(r.m.s.)	130			12,0 Ω
39W	min. (r.m.s.)		350	390	12,0 Ω
	max.(r.m.s.)	175			12,0 Ω
54W	min. (r.m.s.)		520	620	8,0 Ω
	max.(r.m.s.)	240			8,0 Ω
49W	min. (r.m.s.)		450	625	16,5 Ω
	max.(r.m.s.)	225			16,5 Ω
80W	min. (r.m.s.)		580	750	7,0 Ω
	max.(r.m.s.)	250			7,0 Ω

Figuur 3/18.5-12: De minimale ontsteekspanningen die nodig zijn voor het gegarandeerd ontsteken van een T5 buis.

Als een T5 buis volgens de gegeven specificaties wordt gestart wordt een levensduur gegarandeerd van meer dan 15.000 uur. In figuur 3/18.5-13 hebben wij de gegevens van Philips weergegeven. Deze levensverwachting is opgesteld aan de hand van experimentele gegevens. Duizenden buizen werden hiervoor opgeofferd door ze duizenden keren een zogenaamde "drie-uurs cyclus" te laten doorlopen: aanschakelen, 165 minuten branden, uitschakelen, 15 minuten uit. Zo'n cyclus schijnt het best overeen te komen met het brandgedrag van een TL-armatuur in de dagelijkse praktijk.

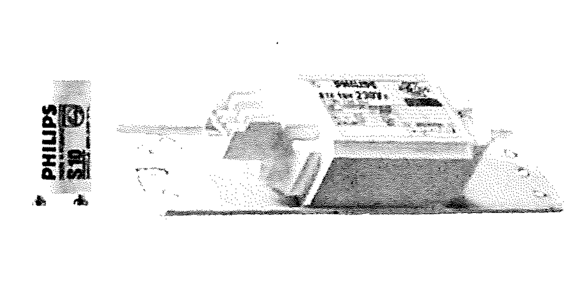


Figuur 3/18.5-13: De levensduur verwachting van T5 buizen die volgens de specificaties worden gestart.

EVA, Elektronisch Voorschakel Apparaat

Inleiding

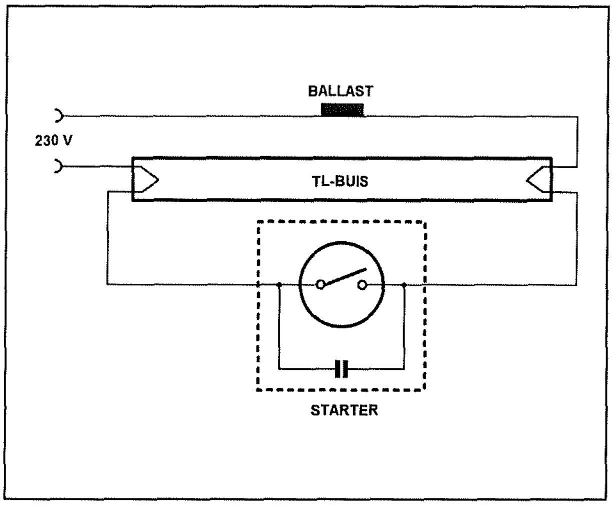
Alvorens wij u duidelijk maken hoe u een T5 buis elektronisch moet schakelen, is het misschien nuttig even de werking van de traditionele TL-ontsteking met de smoorspoel en de starter van figuur 3/18.5-14 voor de geest te halen.



Figuur 3/18.5-14: De onderdelen van de traditionele TL-ontsteking.

18.5 Energie besparen met T5 verlichting

Het standaard schema van deze onderdelen rond één T12 of T8 buis is getekend in figuur 3/18.5-15. Er wordt een serieschakeling opgebouwd die bestaat uit de ballast, de rechter gloeidraad, de starter en de linker gloeidraad. De ballast is een grote spoel met ijzerkern en met een behoorlijk grote zelfinductie. De starter bestaat uit een klein glazen buisje, gevuld met neongas.



Figuur 3/18.5-15: De standaard schakeling rond een traditionele TL-buis.

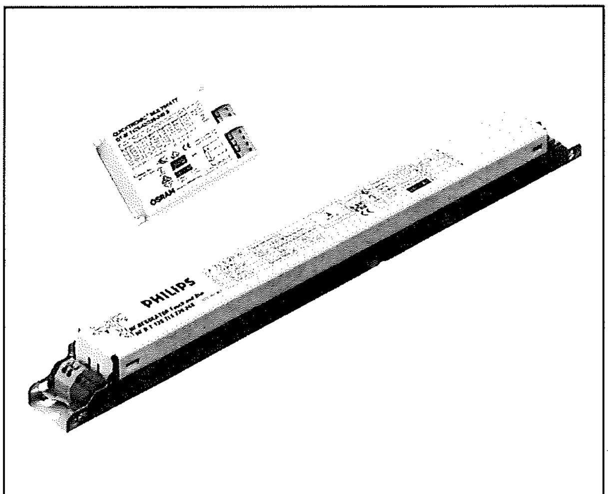
In dat buisje is een op warmte reagerende schakelaar aanwezig. Als het buisje opwarmt zal een van de elektroden kromtrekken, waardoor de twee elektroden met elkaar in contact komen en het neonbuisje wordt kortgesloten. Bij het inschakelen van de netspanning heeft de TL-buis een oneindig hoge weerstand. Ook het neongas in de starter heeft een vrij grote weerstand. Er gaat een stroom van enige tientallen mA door de serieschakeling vloeien. Het neongas in de starter gaat daardoor opwarmen waardoor na enige seconden de thermoschakelaar gesloten wordt. Uiteraard neemt de stroom in de keten sterk toe. Het gevolg is dat de gloeidraden van de TL-buis oplichten. Deze gloeidraden zijn bedekt met een stof die elektronen uitzendt als zij warm wordt. Rond de gloeidraden ontstaan dus elektronenwolken. Deze gaan als gevolg van de spanning die over de buis staat door het kwikgas van de ene naar de andere gloeidraad stromen. Daarbij botsen zij uiteraard tegen de atomen van het kwikgas. Omdat de spanning over de buis vrij laag is, zullen de elektronen niet erg snel bewegen en komt er dus bij zo'n botsing maar erg weinig botsingsenergie vrij. Omdat de thermoschakelaar in de starter gesloten is gaat het neonbuisje weer afkoelen. Na enige seconden opent de thermoschakelaar zich weer. De weerstand van het neongas wordt weer in de serieschakeling opgenomen. Hierdoor gaat de stroom weer dalen tot slechts enige tientallen mA. De zelfinductie van de ballast zal zich, zoals elke zelfinductie, verzetten tegen het plotseling wegvallen van de stroom. De spoel wil de stroom op de oude waarde in stand houden en wekt een zeer hoge zelfinductiespanning op. Deze spanning komt uiteraard ook over de TL-buis te staan. Door deze hoge spanning zullen de elektronen die zich door de buis verplaatsen veel sneller gaan bewegen. Dat heeft tot gevolg dat er bij een botsing tussen zo'n snel elektron en een kwikatoom elektronen uit dat atoom uit hun stabiele baan rond de atoomkern worden gestoten. Er ontstaat nu een tamelijk ingewikkeld fysisch proces in het geëxiteerde atoom, dat gasontlading wordt genoemd. Het gevolg is dat het atoom ultraviolette golven gaat uitzenden. De binnenwand van de TL-buis is bedekt met een fluorescerende stof. Deze gaat zichtbaar licht uitstralen als zij bestookt wordt met ultraviolette golven.

18.5 Energie besparen met T5 verlichting

Het exiteren van de atomen door de elektronen is een zichzelf in stand houdend proces. De weerstand van het kwikgas gaat zeer sterk dalen waardoor de elektronenstroom door het gas in stand wordt gehouden ook zonder dat de gloeidraden worden opgewarmd. In feite wordt de stroom in een ontstoken TL-buis alleen begrensd door de ohmse weerstand van de ballast.

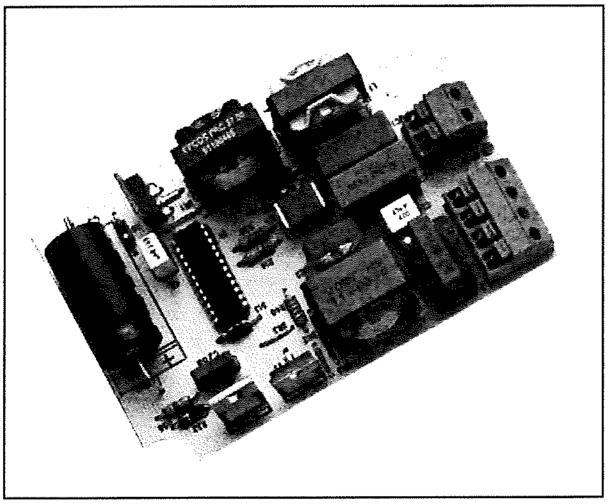
EVA: Elektronisch Voorschakel Apparaat

De moderne T5 buizen ***mogen niet volgens dit traditioneel systeem worden opgestart***, zij zouden het niet lang overleven. De T5 buizen zijn ontwikkeld voor sturing met HF-spanning rond 32 kHz uit een EVA, een Elektronisch Voorschakel Apparaat. Dit apparaat zorgt voor de voorverwarming van de gloeidraden en nadien voor het opwekken van de hoge ontsteekspanning over de buis. EVA's zijn verkrijgbaar in diverse uitvoeringen. In figuur 3/18.5-16 hebben wij twee veel voorkomende typen voorgesteld, boven een van Osram, onder een van Philips.

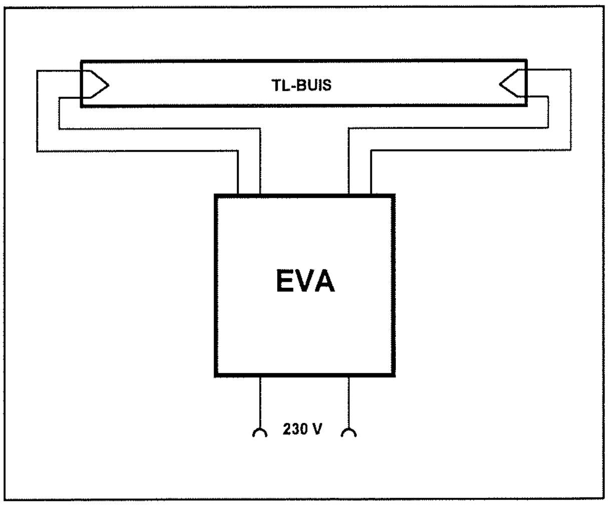


Figuur 3/18.5-16: Twee uitvoeringen van een EVA, een Elektronisch Voorschakel Apparaat.

De duurdere uitvoeringen zijn voorzien van een stuuringang, waarop u een gelijkspanning tussen 0 V en 10 V kunt aansluiten voor het dimmen van de lamp. Er zijn ook typen verkrijgbaar die een DALI-interface hebben.
Dat er heel wat elektronica nodig is voor het aansturen van een T5 buis bewijst de foto van figuur 3/18.5-17, waar u een blik wordt gegund op het interne van het Osram EVA van figuur 3/18.5-16.



Figuur 3/18.5-17: De interne elektronica van een EVA.



Figuur 3/18.5-18: Het aansluiten van een T5 buis op een EVA.

18.5 Energie besparen met T5 verlichting

Het aansluiten van een T5 buis op zo'n EVA is de eenvoud zelve. De twee gloeidraden worden rechtstreeks met de betreffende uitgangen van het apparaat verbonden, zie figuur 3/18.5-18. Dat is alles!

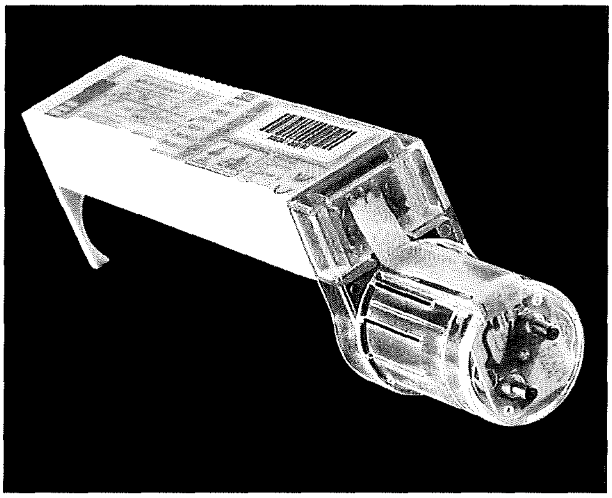
Ombouwset's

Inleiding
Zoals reeds in de inleiding van dit hoofdstuk geschreven is een van de voornaamste oorzaken van de trage omschakeling van T8 naar T5 het kostenplaatje. As u al uw T8 armaturen in uw kantoor of bedrijf wilt vervangen door T5 armaturen kost u dat een hoop geld. Bovendien zit u met het probleem van de kleinere afmetingen, waardoor u vaak zit met lelijke rechthoekige vlekken op uw plafonds en muren.
Het is dan ook niet verbazingwekkend dat diverse fabrikanten op de idee zijn gekomen ombouwset's op de markt te brengen, waarmee u de nieuwe T5 buizen kunt monteren in uw bestaande T8 armaturen.
Daarbij moeten twee problemen worden opgelost:
- de T5 buizen zijn ongeveer 5 cm korter dan de standaard T8 buizen, er moet dus een lengte-adapter worden toegepast;
- het standaard ontsteeksysteem met ballast en starter moet worden vervangen door een EVA.

In de volgende paragraafjes willen wij een paar van deze ombouwset's voorstellen.
Tussen haakjes, het ombouwen van een T8 naar een T5 armatuur wordt tegenwoordig met een duur woord "retrofitting" genoemd. 't Is maar dat u het weet!

"SAVE-IT-EASY" SO2 ombouwset
Deze door het Duitse Reinig Inotech ontworpen en in figuur 3/18.5-19 voorgestelde ombouwset bestaat uit een lengte-adapter, waarop een EVA is gemonteerd.
Het ombouwen gaat in een paar eenvoudige en snelle stappen:
- u verwijdert de T8 buis uit het armatuur;
- u haalt de bestaande starter uit het T8 armatuur;
- u monteert de SO2 starter in de plaats van de oude starter;
- u klikt de nieuwe T5 buis in de lengte-adapter;
- u monteert buis plus adapter in het T8 armatuur.

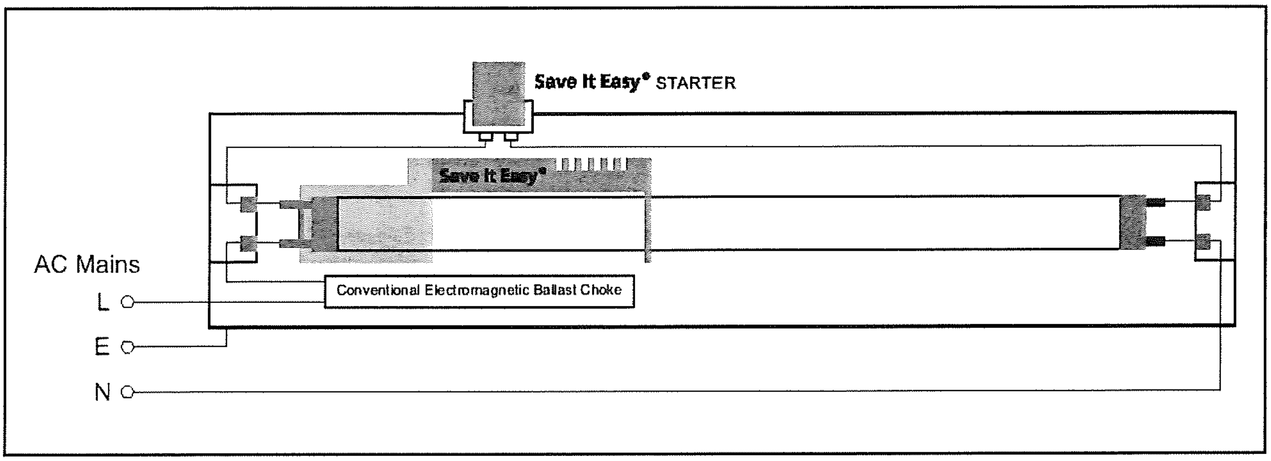
Zoals uit figuur 3/18.5-20 blijkt, blijft de oude ballast in serie met het systeem opgenomen, maar volgens de fabrikant veroorzaakt dit een verliesvermogen van slechts ongeveer 1 W.



Figuur 3/18.5-19: De SO2 ombouwset van Reinig Inotech.

Helaas geeft de Nederlandse importeur, te bereiken via www.saveiteasy.nl, op deze site geen enkele prijsindicatie ("mail ons voor prijsinformatie of neem

18.5 Energie besparen met T5 verlichting

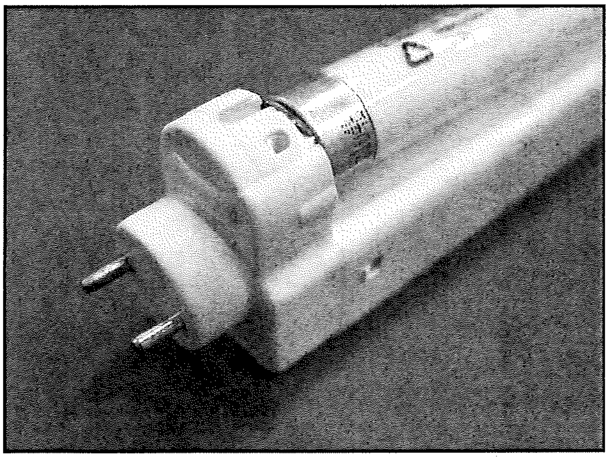


Figuur 3/18.5-20: Uw oude T8 armatuur, voorzien van een SO2 ombouwset en een nieuwe T5 buis.

contact op met een van onze dealers"), wat wij nooit een erg gunstig teken vinden.

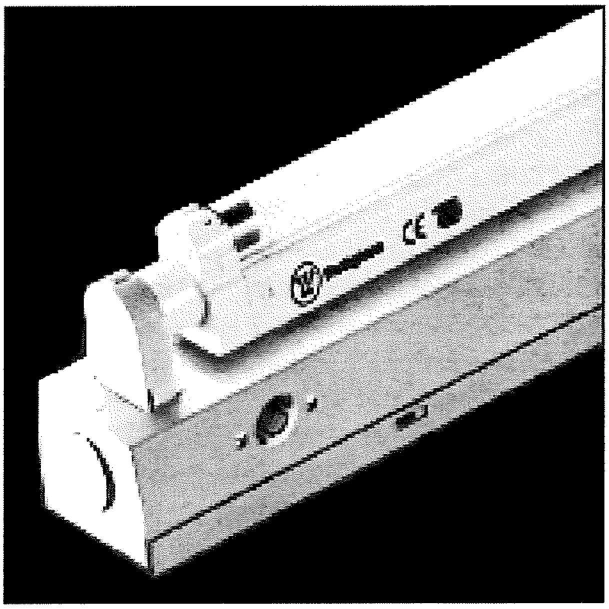
Retrolux T5

Deze door Westinghouse ontwikkelde retrofitting set is voorgesteld in figuur 3/18.5-21. Deze set bestaat uit een eigen armatuur, waarin u de T5 buis monteert en dat als geheel precies in een oud T8 armatuur past. Ook nu moet u de oude starter uit het T8 armatuur verwijderen, het gaatje van de starter blijft bij deze oplossing echter leeg.



Figuur 3/18.5-21: De Retrolux T5 ombouwset van Westinghouse.

De Retrolux T5 is voorzien van een aansluiting, waarop u een stuursignaal voor het dimmen van de T5 buis kunt aansluiten.
Hoe uw T8 armatuur er na de ombouw komt uit te zien is voorgesteld in figuur 3/18.5-22.



Figuur 3/18.5-22: De Retrolux T5 set is in uw T8 armatuur gemonteerd.

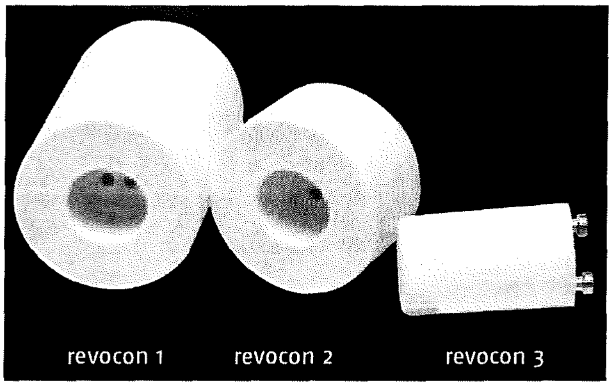
De Retrolux T5 ombouwset is verkrijgbaar voor de volgende T8 buizen:
- 18 W, 600 mm;

18.5 Energie besparen met T5 verlichting

- 30 W, 900 mm;
- 36 W 1.200 mm;
- 58 W 1.500 mm.

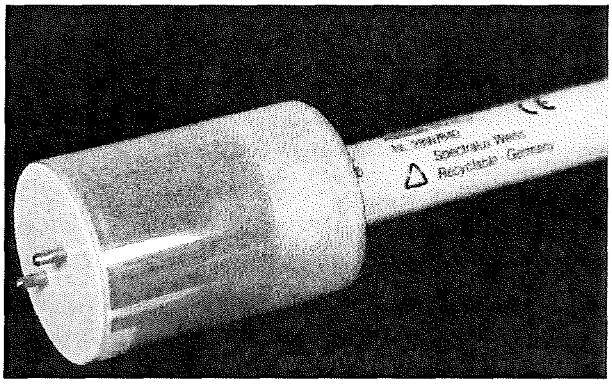
Deze buizen worden dan vervangen door T5 buizen van:
- 14 W;
- 21 W;
- 28 W;
- 35 W;

wat op zich al een heleboel energie bespaart!
Helaas geldt ook voor deze ombouwset dat op de site van de Nederlandse importeur (www.gem-holland.nl) geen enkele prijsinformatie wordt gegeven.



Figuur 3/18.5-23: Een wonder van moderne elektronica: Deze drie kleine onderdeeltjes bevatten alle elektronica voor het starten van een T5 buis.

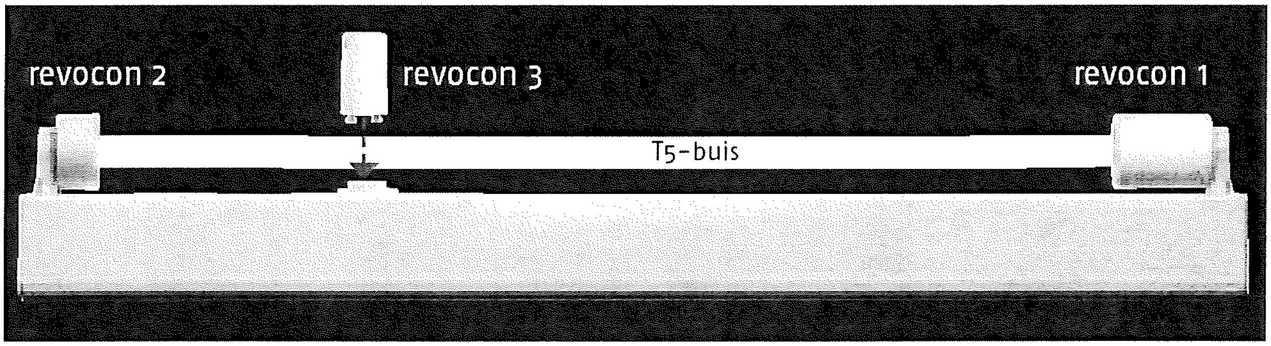
Revocon T12/T8 naar T5 ombouwset
De kritiek op het ontbreken van prijsinformatie geldt gelukkig niet voor de laatste retrofitting set, de Revocon T12/T9 naar T5 ombouwset. Deze set is meteen ook de meest revolutionaire van het stel. Dank zij subminiatuur elektronica bevat de zeer kleine ombouwset alle elektronica die nodig is voor het aansturen van de moderne energiezuinige T5 buizen. Met de drie onderdelen van de Revocon, voorgesteld in figuur 3/18.5-23, plaats u een T5 buis in één minuutje in uw bestaande TL-armaturen. U schuift de T5 buis in de Revocon 1 en Revocon 2, vervangt de bestaande starter door de Revocon 3 en klaar is kees! Door gebruik te maken van de modernste subminiatuur elektronica is de fabrikant er in geslaagd een EVA is te bouwen in een van de twee adapters, in de Revocon 1 om precies te zijn. Deze adapter is slechts 52 mm lang en heeft een diameter van 39 mm. Een unieke prestatie! Deze adapter moet, zie figuur 3/18.5-24, aan de kant van de "cold spot" van de buis worden gemonteerd, dus aan het uiteinde waar het typenummer op de buis is gedrukt.



Figuur 3/18.5-24: De grootste adapter, de Revocon 1, moet aan het koude einde van de buis worden gemonteerd.

U bouwt in zes snelle stappen uw oude armaturen om:
- verwijder de oude T12 of T8 buis uit uw armatuur;
- verwijder de oude starter uit uw armatuur;
- zet de nieuwe Revocon 3 in de plaats van de starter in uw armatuur;
- steek de Revocon 1 adapter op de T5 buis aan de kant van de beschrifting;
- steek de Revocon 2 adapter aan de andere zijde op de T5 buis;

18.5 Energie besparen met T5 verlichting



Figuur 3/18.5-25: Een door middel van de Revocon set omgebouwd T8 armatuur.

– monteer de T5 buis in uw armatuur. Ook nu blijft dus de oude ballast in het systeem aanwezig en verliest u dus wat vermogen in dit onderdeel.

In figuur 3/18.5-25 ziet u hoe uw oud T8 armatuur is omgebouwd naar een T5 armatuur.
De Revocon ombouwset kost € 33,48 ex. 19 % BTW en is per postorder te bestellen via www.energie-besparing.nu.

18.5 Energie besparen met T5 verlichting